

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«_____» _____ 2020р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 133 – Галузеве машинобудування

на тему: *Лінія для виробництва труб з модернізацією екструдера*

Студент групи IV к. ЛП-61-1 _____ *Кумар Джаяш* _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник проекту: *кандидат технічних наук, доцент Сідоров Д.Е.* _____
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти

ТЕХ.МАШ. *ст. викладач Борицький С.О.* _____

ПЕРЕВІРКА НА СХОЖІСТЬ *проф.. Щербина В.Ю.* _____

РЕЦЕНЗЕНТ _____

Засвідчую, що у цьому
дипломному проекті немає
запозичень з праць інших
авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ 2020 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 131- Прикладна механіка (133 – Галузеве машинобудування)

Програма професійного спрямування - *Інжиніринг, обладнання та технології виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів.*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Кумар Джаяшу

1. Тема проекту *«Трубна лінія з модернізацією екструдера»*, керівник проекту *Сідоров Д.Е., к.т.н, доцент*, затверджені наказом по університету від «хх. хх» 2020 р. № XXX

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2020р.

3. Вихідні дані до проекту: Діаметр черв'яка – 63мм, відношення робочої довжини черв'яка до його діаметру – 25мм, матеріал пластифікований ПВХ, задана продуктивність машини 90кг/год, максимальне число обертів черв'яка 160об/хв, густина суміші пластифікованого ПВХ $0,132 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, запас міцності 1.125 Н, допустиме напруження розтягу для Сталь 40ХН2МА – 220 МПа.

4. Зміст пояснювальної записки

Реферат. Перелік позначень. І пояснювальна записка. ІІ Розділ розрахунки. ІІІ Технологія машинобудування. Висновок. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників)

ЛП61-1.087243.000-70 - плакат

ЛП61-1.087243.002-70 – Черв'як

ЛП61-1.087243.003-70 – Черв'як модернізований

ЛП61-1.087243.004-70СК – Воронка завантажувальна

ЛП61-1.087243.005-70СК – агрегат для виробництва труб

ЛП61-1. 087243.006-70 – лінія для виготовлення труб

ЛП61-1.087243.007-70 – Шідравлічні лещата для фрезерування

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик О.С.		
Перевірка на схожість	Щербина В.Ю.		

Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Вступ. Технічна характеристика	06.02.2020-12.02.2020	
	Призначення і галузь застосування	13.02.2020-20.02.2020	
	Опис конструкції і принцип дії	21.02.2020-26.02.2020	
	Літературно-патентний огляд	27.02.2020-16.03.2020	
	Розрахунки	22.03.2020-06.06.2020	
	Охорона праці	25.05.2020-07.06.2020	
	Технологія машинобудування	21.05.2020-07.06.2020	
	Висновки	07.06.2020-10.06.2020	
	Графічна частина	23.04.2020-.03.06.2020	

Студент

Д. Кумар

Керівник проекту

Д.Е. Сідоров

ПЕРЕЛІК ВКЛАДЕНЬ

Реферат з ключовими словами (укр..мова)

Реферат з ключовими словами (рос..мова)

Реферат з ключовими словами (англ..мова)

Перелік позначень

I Пояснювальна записка до графічної частини ПЗ

II Розділ розрахунки РР

III Технологія машинобудування ТЕ

Висновки

Додатки

					ЛП61-1.087243.000-70ДП						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Кумар Д.			Трубна лінія з модернізацією екструдера			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.										1	
Керівник								НТУУ "КПІ" ІХФ, ХПСМ			
Н. Контр.											
Затверд.											

РЕФЕРАТ

Линия для производства труб с модернизацией экструдера : Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня « бакалавр » по направлению подготовки 133- Отраслевое машиностроение (программа профессионального направления « Инжиниринг, оборудование и технологии производства полимерных и строительных материалов и изделий ») / НТУУ « КПИ им. Игоря Сикорского »
руководитель Сидоров Д.Е. - 85с. Исполнитель. – Кумар Д..

Работа состоит из введения и трех разделов. Общий объем работы 85 листов основного текста и 3 приложений.

Целью работы является модернизация червяка и для производства труб из ПВХ.

Спроектированная линия позволит выпускать трубы из ПВХ, которые имеют значительный ряд преимуществ по сравнению с трубами из чугуна и стали.

В данной работе был спроектирован червячный пресс ЧП-63. Выполнены все необходимые параметрические расчеты, тепловые расчеты и расчеты на прочность.

ЭКСТРУДЕР, ТРУБНАЯ ЛИНИЯ, ЧЕРВЯЧНЫЙ ЭКСТРУДЕР, ПВХ, ЧЕРВЯК,
МОДЕРНИЗАЦИЯ

РЕФЕРАТ

" Лінія для виготовлення виготовлення труб з модернізацією екструдера":
Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом підготовки 133- Галузеве машинобудування (програма професійного спрямування «Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів») / НТУУ «КПІ ім Ігоря Сікорського» ; Керівник Сідоров Д.Е. - 85с. Виконавець. – Кумар Д..

Робота складається з вступу і трьох розділів. Загальний обсяг роботи 85 аркушів основного тексту та 3 додатків.

Метою роботи є чер'вяка для виробництва труб з ПВХ. Спроектowana лінія дозволить випускати труби з ПВХ, які мають значний ряд переваг в порівнянні з трубами з чавуну і сталі.

У даній роботі був спроектований черв'ячний прес ЧП-63. Виконані всі необхідні параметричні розрахунки, теплові розрахунки і розрахунки на міцність.

екструдер, трубна лінія, черв'ячний екструдер, пвх, черв'як, модернізація.

ABSTRACT

"Line for the production of polyvinyl chloride pipes with the development of the press

PE-63": Diploma project of educational qualification of "bachelor" for the training direction 133- Industrial engineering (professional program "Engineering, equipment and technologies for the production of polymer and building materials and products")/ NTUU "KPI named by Igor Sykorsky" ; Present work is performed under the direction of teacher KPI named by Igor Sykorsky" Sidorov D.E. - 85s. Executor. - Voitenko V.A.

The work consists of an introduction and three sections. The total volume of 85 pages of main text, 3 applications.

The aim is modernization of the screw of the production of polyvinyl chloride pipes. Designed line will allow to produce polyvinyl chloride pipes, which have a significant number of advantages compared with the pipes of iron and steel.

The screw extruder is designed in the paper. Achieved required parametric calculations and strength calculations.

Results of diploma project have been considered at chair CPSE seminar

extruder, pipe line, screw extruder, polyvinyl chloride, pipe , modernization.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

Умовні позначення:

x – концентрація, % (мас.);

σ – поверхневий натяг; Н/м;

h – висота, м;

D, d – діаметр, м;

c – прибавка до розрахункової товщини, м;

G – масова витрата, кг/с;

p – тиск, Па;

t – температура, К;

ρ – густина, кг/м³;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м²/с;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·К);

α – коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка;

β – коефіцієнт зворотнього потоку розплаву у каналі черв'яка;

γ – коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка;

n – частота обертів черв'яка;

K – коефіцієнт геометричної форми головки екструдера

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Трубна лінія з модернізацією екструдера»**

Київ – 2020 рік

ЗМІСТ

Вступ.....	10
1.1. Призначення та галузь використання лінії	12
1.1.1. Опис технологічного процесу виготовлення труб з ПВХ ізоляції	12
1.1.2. Вибір типу преса і його місце в технологічній схемі.....	16
1.2. Технічна характеристика екструдера ЧП-63.....	17
1.3. Опис конструкції та принцип дії екструдера ЧП-63.....	18
1.4. Патентно-літературний огляд, обґрунтування запропонованої модернізації.....	20
1.4.1. Патентно-літературний огляд.....	20
1.4.2. Вибір та обґрунтування запропонованої модернізації.....	36
1.5. Охорона праці	37
1.5.1 Мікроклімат	38
1.5.2 Пожежна безпека	41
1.5.3. Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються.....	42
1.5.4. Електробезпека	43
1.5.5. Промислове освітлення.....	43
1.5.6. Шум.....	44
1.5.7 Повітря робочої зони	45
2. Розрахунки ЧП-63.....	46
2.1. Розрахунки, які підтверджують працездатність	46
2.1.1. Параметричний розрахунок черв'яка.....	46
2.1.2. Розрахунок продуктивності екструдера ЧП-63 при переробці пластифікованого ПВХ.....	49
2.1.3. Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-63 при переробці пластифікованого ПВХ.....	52

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ								
Зм.	Дрк	№ докум.	Підпис	Дат									
Розробив		Кумар Д			Трубна лінія з модернізацією екструдера.			Літера		Арквш		Арквшів	
Перевірів		Сідоров Д.Е.								8			
Т. Контр.								НТУУ «КПІ», ІХФ ЛП-61-1					
Н. Контр.													
Затверд.		Сідоров Д.Е.											

2.1.4. Розрахунок осевого зусилля і вибір упорного підшипника.....	56
2.2. Розрахунки, які відповідають модернізації черв'яка.....	58
2.2.1. Розрахунок черв'яка на стійкість та міцність.....	58
2.2.2. Розрахунок тиску, який розвиває черв'як.....	61
2.3. Розрахунок продуктивності зони завантаження одношнековогоекструдера.....	62
2.4. Тепловий розрахунок.....	66
3. Технологія машинобудування.....	69
3.1 Технологія виготовлення деталі.....	69
3.2 Опис та призначення деталі.....	69
3.3 Вибір заготовки для виготовлення деталі.....	69
3.4 Технологічний процес виготовлення деталі.....	70
3.5 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	71
3.6 Вибір пристосування опис конструкції та принцип дії.....	72
3.7 Розрахунок сил закріплення деталі.....	75
Висновки.....	78
Література.....	79
Додатки	

Вступ

В останній час набули широкого поширення полімерні труби, які використовуються в магістральних трубах і дозволяють замінювати металеві труби зі значною фінансовою економією.

Сучасне обладнання і технології для виробництва напірних труб з полімерів допомагають отримати ряд переваг з точки зору порівняно до чавунних і сталевих труб, а саме: низька стійкість до гідравлічних ударів, обумовлена їх еластичністю при замерзанні води в трубах, вони не руйнуються, а після того як вони відтають продовжують працювати, висока зносостійкість (в 10 разів нижче, ніж у сталі) дає можливість використовувати труби для гідравлічного транспортування, корозійна стійкість, пластичність та висока еластичність труб дозволяє будувати водопровідні труби, в більшості випадків без компенсаторів зручність і швидкість при монтажі і ремонтних роботах пов'язані з низькими витратами (при монтажі економія ціни становить до 20-30% в порівнянні з аналогічними металевими трубами).

Проблеми і перспективи розвитку технологічних ліній для виробництва полімерних труб в Україні безпосередньо пов'язані з інженерної базою для їх створення, а також зі станом ринку обладнання для переробки полімерів, безпосередньо пов'язаним з ринком виробництва полімерних труб.

Останні дослідження на цьому ринку було проведено 5 років тому. Більшість питань були вирішені, але деякі все ще перебувають у пошуку відповіді. Деякі прогнози збулися, а саме - швидкий розвиток екструзійного обладнання та зростаючий попит на трубопроводи дозволяє значно розширяти їх асортимент. Виробництво трубопроводів і обладнання для нього - актуальна і проблемна, що вимагає постійної уваги. В даний час в світі виробляється більше полімерних труб, ніж труб з інших матеріалів. Різноманіття типів полімерних труб та полімерів і композицій обумовлює необхідність існування численних технологій виготовлення труб і, отже, спеціалізованого обладнання для реалізації цих технологій.

Тому можна казати, що тема дипломного проекту відповідає вимогам нашого часу.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Даний проект дозволяє розробити та вивчити лінію для виробництва спеціальних багатошарових полімерних труб, з розробкою черв'ячного екструдера, зокрема, для виконання параметричного розрахунку і розрахунків міцності основних вузлів і деталей черв'ячної машини, що підтверджують працездатність лінії і технологічні розділи з охорони праці, технології машинобудування.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.1.Призначення та галузь використання лінії

1.1.1 Опис технологічного процесу виготовлення труб з ПВХ

Лінію виробництва для полівінілхлоридових труб, що розробляється, призначена для виробництва труб діаметром 55 мм і товщиною стінки 8,4 мм з полівінілхлориду шляхом екструзії, який полягає у безперервному проштовхуванні розплавленого полімерного матеріалу через формуючий кільцевий зазор екструзійної трубної головки.

Лінія може бути використана на різних підприємствах з переробки полімерних матеріалів, на заводах з виробництва будівельних матеріалів і на підприємствах хімічної промисловості.

До складу лінії входять: ЧП 60×25 1, пневмо-завантажувач 2, установка головки труби 3, вакуумна охолоджуюча ванна 4, шлях рейковий 5, водяна охолоджуюча ванна 6, маркувальний пристрій 7, тяговий пристрій 8, ріжучий пристрій 9, приймальний пристрій 10 (рис. 3,1).

Як показує практика, продуктивність лінії і якість продуктів, отриманих на ній, недостатньо високі, а також недоліки цієї лінії включають її низьку універсальність з точки зору утилізації матеріалів. В результаті лінія потребує модернізації, а саме покращення її технічних характеристик та якості продукції тим самим досягнення економічного ефекту.

Принцип дії лінії наступний: матеріал для переробки у формі гранул подається в завантажувальний пристрій(бункер), звідки потрапляє до завантажувальної горловини черв'ячного преса ЧП60х25, далі пластифікується та гомогенізується і видавлюється через кільцевий отвір формуючої трубної головки. у вигляді гладкої заготовки трубки. З формуючої головки труби потрапляє в калібр, де вона калибрується відповідно до зовнішнього діаметру та перед цим охолоджується до отримання твердої кірки на зовнішній поверхні труби. Зрештою труба охолоджується в вакуумній охолоджувальній ванна, яка прямо з'єднана з калібром, в діапазоні температур 30-40 °С.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

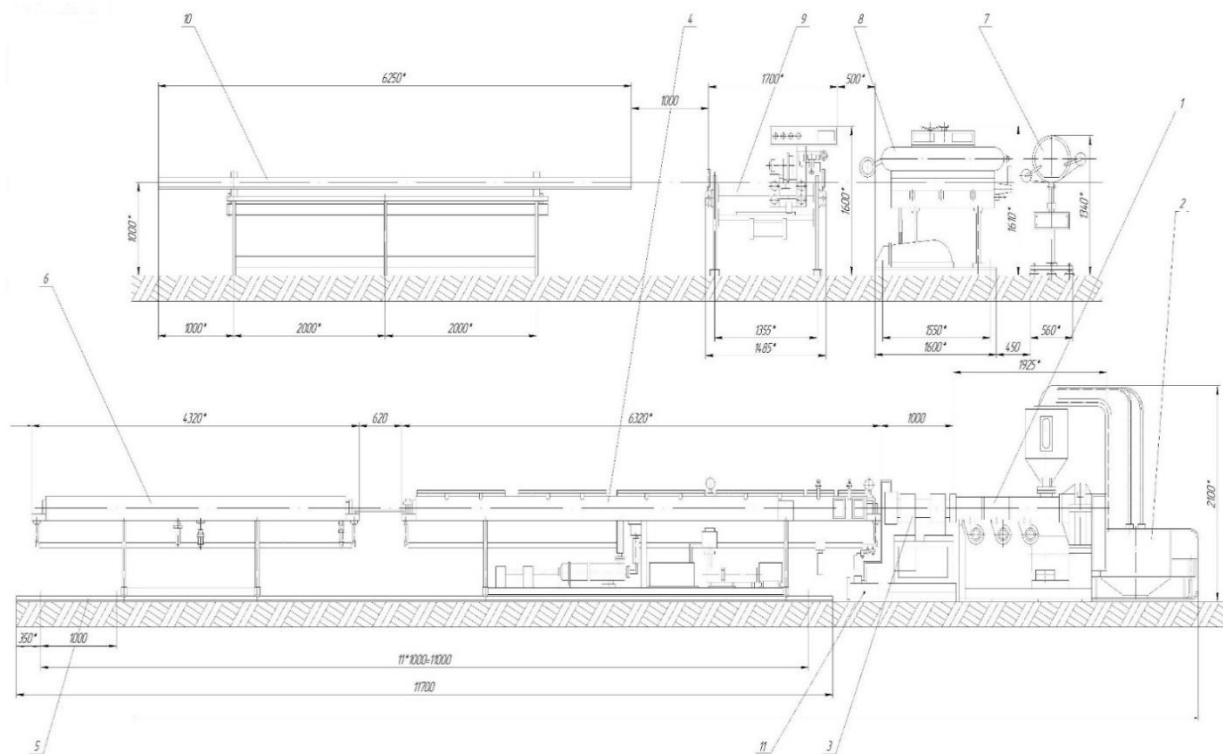


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд лінії для виробництва труб

Протяжка труби через калібр і ванну виконується на витяжній машині, яка потім подає трубу на ріжучий пристрій, де труби нарізуються на відрізки з номінальною довжиною 6 м. Після, відрізки труб подаються на лоток приймального пристрою і за сигналом кінцевого вимикача скидаються у накопичувач пристрою, там утворюється пакет який потім перев'язуються вручну металевої пластикової або металевої стрічкою.

Прес черв'ячний ЧП 60×25 призначений для обробки гранульованих термопластів в однорідному розплаві і рівномірною екструзії через трубну головку. Прес складається з циліндричного корпусу з товстими стінками де обертається черв'як. Електричні нагрівачі встановлені на корпусі, який нагрівають цей циліндр. У черв'яку є осьовий отвір для подачі охолоджуючої води всередину. Щоб уникнути перегріву корпусу екструдера на ньому додатково встановлені вентилятори, які подають повітря в зони нагріву.

Привод обертання черв'яка виконується за допомогою електродвигуна постійного струму, одноступінчастого циліндричного редуктора та клинопасової передачі.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
13

Установка головки труби складається з таких основних частин: головки трубної і візка. Голівка призначена для формування полівінілхлоринових трубних заготовок. Голівка має конструкцію прямого потоку з кошиковим типом дорноутримувача. Набір змінних інструментів (матриць і дорнів) дозволяє виробляти труби різного діаметру з різними товщинами стінки. Профіль вхідних областей матриць і дорнів виконаний за клоїтоїдою. Нагрів головки здійснюється електричними нагрівачами з опором. Використання візка для кріплення головки дозволяє швидко та зручно монтувати і розбирати головку.

Вакуумна охолоджуюча ванна призначена для термопластичних охолоджувальних труб при вакуумному калібруванні. Ванна встановлюється у лінію після черв'яного преса.

Ванна складається з таких основних блоків: корпус, рама, бак, вакуумний насос, відцентровий насос і механізм переміщення.

Корпус ванни являє собою шестиметрову кімнату з закритою шафою. Камера герметично закрита кришками. На стіні в правому кінці корпусу мається отвір для кріплення датчиків з допомогою гумових ущільнень. На лівому кінці та на проміжних стінках маютьься отвори зі змінними гумовими прокладками. Вузли роликів важільного типу знаходяться на корпусі, які можуть бути встановлені над трубою. Каркас являє собою зварну конструкцію з порожніми прямокутними трубами. Внизу до нього прикріплені колеса для переміщення ванни. На рамі встановлені: вакуумний насос для створення вакууму у ванній і манометрі, бак і відцентровий насос для циркуляції води у ванній, а також редукторний двигун з гвинтовим механізмом для поздовжнього переміщення ванни вздовж направляючих.

Корпус ванни має можливість вертикального і бічного руху для центрування своєї осі з віссю обертання головки. Вертикальний рух досягається шляхом регулювання положення осі колеса щодо рами. Поперечний рух ванни обумовлено поперечним рухом осі колеса. На додаток до цих вузлів, ванна також оснащена напірними, зливними і кріогенними трубами, переливними трубами та вакуумними манометрами. Для управління електроприводом на корпусі ванни встановлена місцева станція управління.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Буксирувальна машина складається з підставки, верхньої балки, нижньої балки, рейкового ланцюга, приводу для переміщення нижньої балки, гвинта для переміщення верхньої балки, панелі управління і напрямних роликів. Привід руху тракових ланцюгів складається з електродвигуна, муфти, черв'ячного редуктора, вертикального валу і пар конічних зубчастих коліс, які передають крутний момент на ланцюги.

Пристрій маркувальний призначений для маркування шляхом друку через кольорову стрічку і складається зі стійки та трьох домкратів

Ріжучий пристрій призначений для відрізання труб з полімерних матеріалів на відрізки заданої довжини та встановлюється у лінію після тягнучої машини. Ріжучий пристрій складається з таких основних частин: станина, каретка, механізм переміщення каретки. Каретка - це візок, який переміщується з чотирма роликами вздовж прямої станини. Маятник, механізм переміщення маятника, механізми зніжності продукту, система пневматичного обладнання і пост управління встановлені на корпусі каретки.

Маятник - це важіль, який повертається в опір підшипника. На кінці маятника закріплена циркулярна пила, яка повертатиметься за рахунок клинопосової передачі від електродвигуна. Маятник повертається за допомогою пневматичного циліндра. Механізми кріплення виробу являють собою пневматичні циліндри з гумовою колодкою, закріпленої на кінцях стрижнів. Слідуючи управлінню з боку системи автоматизації, кріпильні механізми щільно притискають, що виготовляється трубу до опор кронштейнів на корпусі. Механізм переміщення каретки складається з пневматичного циліндра, корпус якого жорстко закріплений на станині, а шток прикріплений до корпусу каретки. Регулювання елементів пневмосистеми пневматичної редукційного клапана і пневмодрозеля дозволяє регулювати швидкість транспортування, близьку до швидкості продукту, який виробляється під час його різання, і забезпечує швидке повернення каретки у вихідне положення після різки. Управління пристроєм здійснюється з панелі управління пристроєм. Ріжучий пристрій може працювати у двох режимах: напівавтоматичному і автоматичному залежно від сигналу від приймального пристрою.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Приймальний пристрій призначений для прийому труб з полімерних матеріалів, отриманих екструзією, і їх упаковки в накопичувачі. у лінію; встановлюється після відрізного пристрою. Пристрій складається з основи, приймального лотка, опор, пневматичної системи, пневматичної циліндра для обертання лотка і двох кінцевих вимикачів. Основа складається з вертикальної опори, на якій встановлено прийомний лоток, пневматичний циліндр, пневматична система, кінцеві вимикачі, три горизонтальні балки, на яких встановлені ніжки. Лоток призначений для прийому і закидання труб в накопичувач, в обсязі якого він призначений для пакетування 100 труб з номінальним діаметром 55 мм.

1.1.2 Вибір типу преса і його місце в технологічній схемі

В якості основного обладнання для переробки пластмас методом екструзії в якості черв'ячних пресів використовуються екструдери з одним і двома черв'яками, які також називаються черв'ячними пресами. Також крім черв'ячних екструдерів для переробки полімерів успішно використовують черв'ячні і дискові екструдери. Дискові екструдери використовуються в тих випадках, коли потрібна інтенсивне перемішування, але не вимагається формування під високим тиском.

Черв'ячно-дискові екструдери, які ефективні при необхідності якісного перемішування і плавлення оброблюваного матеріалу, що мають відносно низьку в'язкість і досить високу еластичність. Практично всі відомі полімери і їх склади можуть бути перероблені шляхом екструзії в черв'ячному пресі. Загалом, можна сказати, що його основна мета полягає в тому, щоб отримати гомогенне плавлення полімеру і забезпечити його подачі під тиском до форм голівці.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.2 Технічна характеристика преса ЧП-63

Дана технічна характеристика дає можливість отримати основну технологічну та особливу інформацію про апарат. Завдяки отриманим показникам буде робитися подальше порівняння даного зразка з подібними йому і для наступного вибору варіанту та його обґрунтування. Основні показники ЧП-63 представлено в таблиці 2.1.

Продуктивність при максимальній частоті обертання черв'яка	90кг/год
Діаметр черв'яка	63 мм
Відношення робочої довжини черв'яка до його діаметру	25
Встановлена потужність електродвигуна	37 кВт
Загальна встановлена потужність нагрівників	9,4 кВт
Число обертів черв'яка	16...160 об/хв.
Опір формувальної головки	28 МПа
Витрата води на охолодження преса	0,4 м³/год
Тиск (без втрат на зливі)	0,3-0,4 МПа
Температура води	20°C
Маса	2300 кг
Габаритні розміри	
-довжина	2525 мм
-ширина	1040 мм
-висота	1870 мм

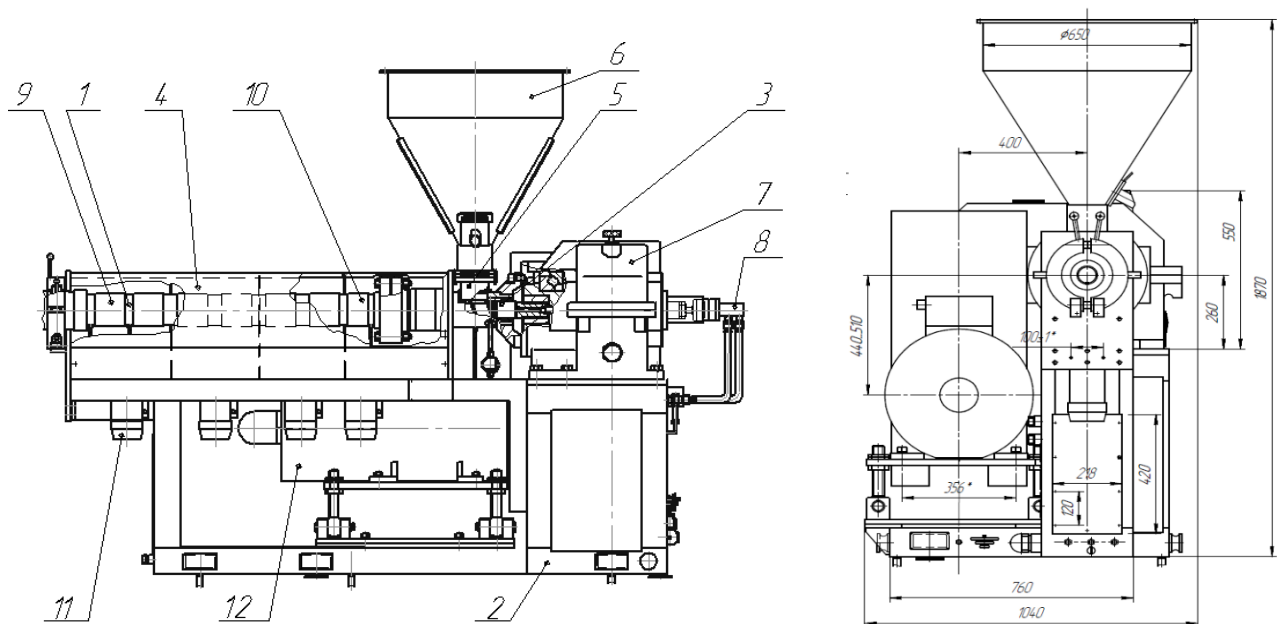
Таблиця 2.1 - Технічна характеристика преса ЧП-63

1.3 Опис конструкції та принцип дії екструдера ЧП-63

Преси працюють за допомогою обертання черв'яка(шнеку) у основному робочому органі – товстостінному циліндричному корпусі. Усі черв'яки, діаметр яких може бути від 20 до 500 мм і більше, характеризуються геометрією (профілем) поперечного перерізу каналу, довжиною нарізки, кроком, ступенем стиску і числом заходів нарізки.

Під час обертання черв'яка матеріал транспортується по гвинтовому каналу, утвореному внутрішньою поверхнею циліндра і нарізкою черв'яка.

Черв'ячний прес ЧП-63 (рис. 3.1) складається з матеріального циліндру 1 з завантажувальною воронкою 5 і розміщених в них черв'яка 3, що приводить у рух клинопасову передачу від двигуна постійного струму 12. Всі вузли збірки преса змонтовані на звареній рамі 2, а встановлений циліндр закрито спеціальним корпусом 4. Тепловий режим підтримується за рахунок нагрівачів 9 і 10, вентиляторів і системи повітряного охолодження циліндра



1 – циліндр преса, 2 – рама, 3 – черв'як, 4 – кожух, 5 – воронка завантажувальна, 6 – завантажувальний бункер, 7 - редуктор, 8 – пристрій охолодження черв'яка, 9, 10 – індукційні нагрівники, 11 – вентилятор, 12 - електродвигун.

Рисунок 3.1 Прес ЧП-63

Зовнішня поверхня циліндра розділена на 5 температурних зон і у кожній

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

встановлені електричні індукційні нагрівачі 9 і 10, а також термоелектричний перетворювач, сигнал з якого подається на комплектний пристрій терморегуляції. Циліндр преса 1 є товстостінна труба з двома фланцями та твердосплавною наплавкою всередині.

Охолоджувальні вентилятори встановлені у перших чотирьох зонах, а у останній, п'ятій, перехідної до головки зони він відсутній. На зовнішній поверхні, в завантажувальній частині циліндру, передбачені канали 5 які охолоджують завантажувальну воронку водою, а витрати води регулюються вручну за допомогою вентиляю.

Редуктор 7 змащується напряму від насосу. Для уникання аварійних ситуацій при роботі черв'яка при падінні тиску масла в системі змащування менше 0,05 МПа, встановлено реле тиску, яке подає сигнал для відключення двигуна. На тихохідному валу редуктора вмонтовано упорний підшипник 3, який сприймає осьові навантаження від самого черв'яка.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.4. Патентно-літературний огляд, обґрунтування запропонованої модернізації

1.4.1 Патентно-літературний огляд

Під час дипломного проектування для ознайомлення та вибору модернізації для машини було розглянуто патенти наведенні нижче:

- 1) Авторське свідоцтво UA №3799U (2004) [1]

Автори: Мікульонок Ігор Олегович

ЧЕРВ'ЯК ЕСТРУДЕРА ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Даний патент відноситься до обладнання пресів, а саме до екструдерів для матеріалів, у нашому випадку полімерів. Найбільш розповсюдженими для переробки цього матеріалу є черв'ячні екструдери, а одним з головних робочих елементів є черв'як, який складається з осердя та гребеневої гвинтової лінії по його [2]площі Даний агрегат забезпечує якісну переробку певного переліку матеріалів, але його використання не є практичним, так як його структура міжвиткового простору незмінна по всій його робочій довжині.

В основі корисної моделі, насамперед стоїть задача модернізації черв'яка екструдера, яка б дозволила регулювати міжвитковий простір, тим самим дозволивши перероблювати значно більше матеріалів.

Дана задача виконується завдяки тому, що даний черв'як з осердям, що у якого є гвинтова лінія гребня, має що найменше одну ділянку з закріпленою на ній одному чи декількох слоїв стрічки(залежно від необхідного ступеня стиснення переробленого матеріалу на певній ділянці черв'яка).

Це дає можливість міняти діаметр осердя на певній ділянці, тобто об'єм міжвиткового простору також.

На рис. 5.1 показано черв'як, що містить осердя 1 з гвинтовою навивкою 2. Осердя 1 має ділянки 3 і 4 із закріпленими на ньому в один чи декілька шарів стрічкою 5.

Дана модернізація, краща тим, що вона не складна у використанні та виготовленні, але дозволяє перероблювати великий спектр матеріалів

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

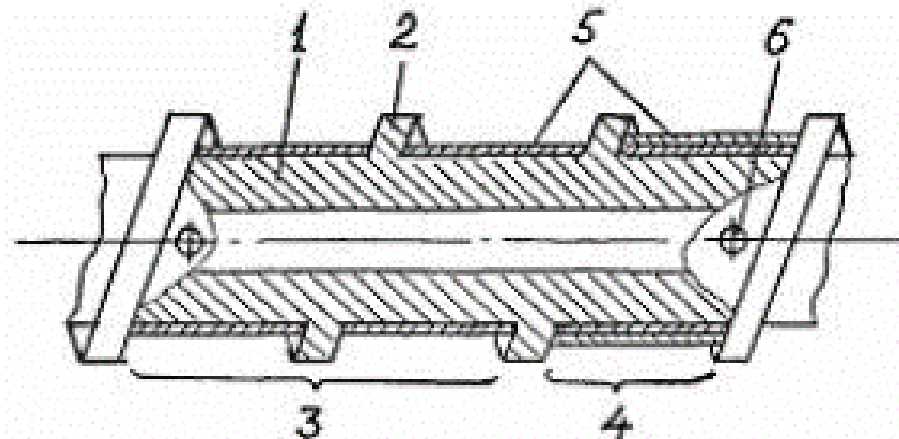


Рис 5.1 Черв'як екструдера з розміщеною стрічкою між гвинтовою навивкою

2) Авторське свідоцтво: UA №66668U(2012)[3]

Автори: Мікульонук Ігор Олегович, Войцехов Євгенія Миколаївна, Рудакова Вероніка Андріївна.

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ЧЕРВ'ЯКА ЕКСТРУДЕРА

Розглянута модернізація особлива тим, що вона використовується для переробки як композиційних, так і звичайних термопластичних матеріалів та має можливість використовуватися для виготовлення робочого органу одно- та дво- черв'ячних екструдерів у полімерно-переробних екструзійних лініях.

Полімери, пластичні маси, гумові суміші та їх композиції можуть перероблюватися на одно- та дво- черв'ячних екструдерах, у яких головним елементом є черв'як, котрі під час експлуатації екструдера потребують охолодження[4]. Зазвичай ця система складається з порожнистого валу з послідовно розміщеними на ньому хвостовиком, наконечником, гвинтовою нарізкою і трубу для подачі охолоджувальної рідини, що розміщена також у порожнині валу[5].

У патенті пропонується встановити дві перфоровані труби у порожнині валу: одну для відведення, а іншу для підведення охолоджувальної рідини по всій довжині порожнини черв'яка, тим самим забезпечивши своєчасне усунення відпрацьованої підігрітої рідини від поверхні. Також пропонується додати повздовжні шліци на поверхні порожнини валу, у яких розміщується зазначений наповнювач що підвищує його процес охолодження; виконання в заповнювачі розривів по довжині шліців значно зменшить теплообмін черв'яка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
21

Конструкція даної модернізації(Рис. 5.2 та Рис. 5.3) складається з: системи охолодження самого черв'яка, що містить порожнистий вал 1 з послідовно розташованим хвостовиком 2, гвинтовою нарізкою 3 ділянкою 4, наконечником 5 та розміщеними у порожнині 6 валу 1 труби для підведення 7 і відведення 8, охолоджувальної рідини, при тому труби 7 і 8 перфоровані. Поверхню порожнини 6 валу 1 запропоновано зробити з поздовжніми шліцами з розміщеними в них заповнювачем 9, теплопровідність якого набагато більше ніж теплопровідність матеріалу черв'яка, а також вздовж заповнювача 9 повздовжніх шліців виконано розриви 10.

Це конструктивне рішення дозволяє усунути суттєві проблеми з охолодженням черв'яка та допомагає підвищити її інтенсивність, рівномірність та ефективність.

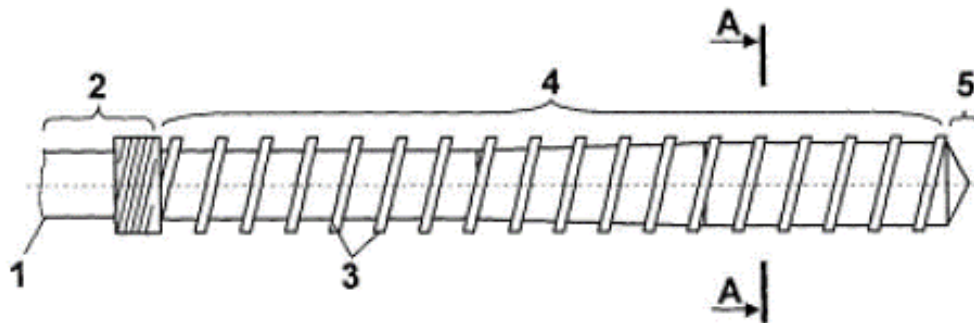


Рисунок 5.2 Загальний вигляд черв'яка

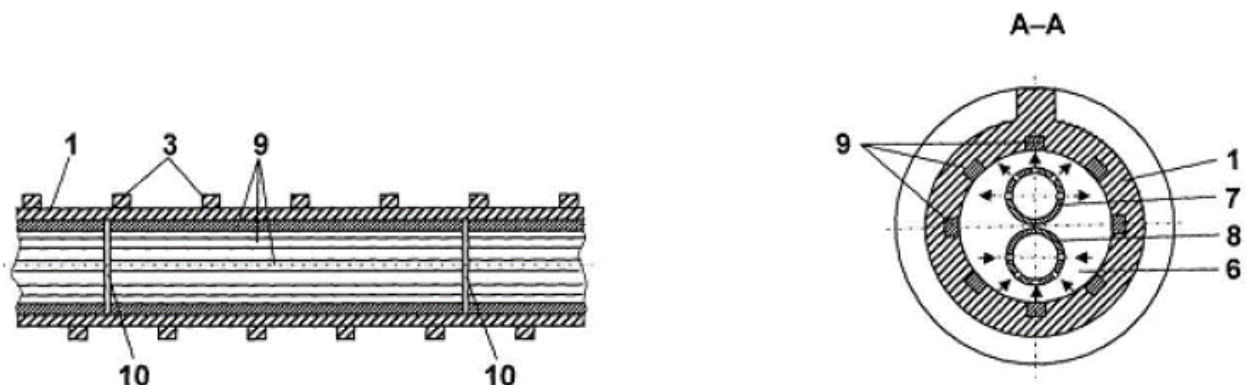


Рисунок 5.3 Повздовжній розтин черв'яка

3) Авторське свідоцтво UA №102098U (2015) [6]

Автори: Мікульонюк Ігор Олегович , Івіцький Ігор Ігорович, Сокольський Олександр Леонідович, Сівецький Володимир Іванович, Куриленко Валерій Миколайович, Романюк Вадим Вікторович

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
22

ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР

Дане технологічне рішення відноситься до полімерно-переробного обладнання, а саме до одночерв'ячного екструдера для переробки полімерів, високомолекулярних сполук, пластичних мас, гумових сумішей та їх композицій.

Попередня та добре відома модель черв'ячного екструдера, яка складається з порожнистого корпусу із завантажувальними і розвантажувальними отворами, та розташований у ньому, з можливістю обертання, двох секційний черв'як, особливо те що перша з боку завантажувального отвору виконана більшого діаметра [7]. Недоліком ситуації стає не стабільний режим в будь-якій секції черв'яка, який зумовлений неоднорідністю вихідної сировини, що може вивести екструдер з роботи.

Конструктивне рішення розглядує можливість модернізації черв'ячного екструдера за допомогою проектування нового секційного черв'яка, яке дозволить розвантажити найбільш навантаженої хвостової частини черв'яка, тим самим забезпечивши стабільними умовами переробки вторинної полімерної сировини з високою якістю за допомогою надання можливості зміни швидкості обертання обох секцій черв'яка. Виконання цього вдосконалення досягається тим, що в черв'ячному екструдері, який складається з порожнистого корпусу із завантажувальними та розвантажувальними отворами і розміщеному у ньому черв'яка з можливістю обертання, у якого присутній вузол опорного підшипника, що виконаний по довжині двох секцій. Особливою відмінністю є те що секція черв'яка з боку розвантажувального отвору оснащено приводом обертання.

Процес роботи полягає у тому, що до першої секції через бункер подається вихідний матеріал, який зачіплюється витками черв'яка та за допомогою нього потрапляє до другої секції черв'яка. Із за зміни розмірів робочого каналу екструдера у зоні взаємного стикування обох секцій черв'яка може спостерігатися розлаштування параметрів екструзії у цих зонах, що на сам перед може привести до пульсації тиску в зоні дозування та зменшення продуктивності в цілому.

Черв'ячний екструдер (Рис. 5.4) містить порожнистий корпус 1 із завантажувальною горловиною 2 з розміщеним у ньому з можливістю обертання двосекційним черв'яком 3. Перша з боку завантажувальної горловини 2 секція 3а

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
23

черв'яка оснащена незалежним приводом 4 її обертового руху і виконано більшого діаметра, ніж діаметр другої секції 3b черв'яка 3. При цьому першу секцію 3a черв'яка 3 розміщено з можливістю поздовжнього руху на хвостовику 5 другої секції 3b і передачі осьового зусилля з неї на корпус вузла та сприйняття осьових зусиль 6 через незалежний опорний підшипник 7 і пружний елемент 8, а також пристрій регулювання його жорсткості 9. Для передачі обертового моменту та сприйняття осьових зусиль з секції 3b черв'яка його хвостовик 5 оснащено вузлом опорного підшипника 10 та приводом 11.

За допомогою цього рішення досягається значне покращення експлуатаційних характеристик за допомогою розвантаження самої навантаженої в звичайній конструкції хвостової частини черв'ячної машини шляхом забезпечення передачі осьових зусиль та обертових моментів на кожну секцію окремо. Ця модернізація дозволяє екструдерам перероблювати термопластів низької насипної густини.

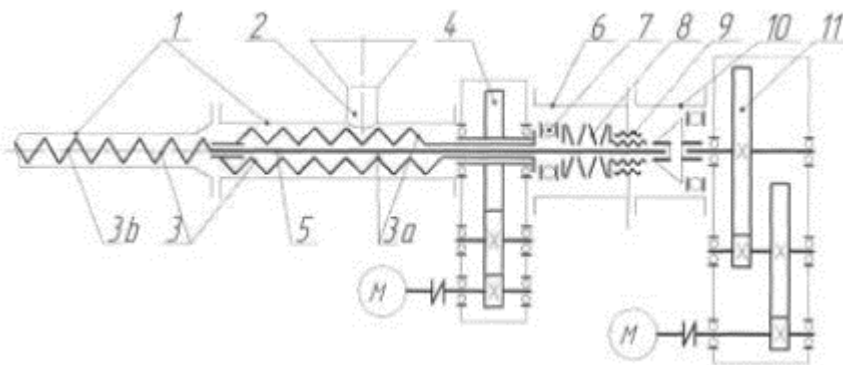


Рисунок 5.4 Кінематична схема двох секційного черв'ячного екструдера
4) Авторське свідоцтво UA №102908U (2015) [8]

Автори: Мікульонюк Ігор Олегович , Івіцький Ігор Ігорович, Сокольський Олександр Леонідович

ЧЕРВ'ЯК ЕКСТРУДЕРА

У цій модернізації було розглянуто модель яка належить до обладнання яке перероблює термопластичні полімери, пластмаси і гумові суміші.

Для переробки вище приведених матеріалів у наш час часто почали використовувати одно- та дво- черв'ячні екструдери. Насамперед, черв'як

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
24

екструдера який складається з валу з послідовно розташованим хвостовиком, робочою зоною з гвинтовою нарізкою, а також з перемінним наконечником [9].

Для вдосконалення даної моделі було вирішено змінити наконечник таким чином, щоб він забезпечував ефективне згладжування пульсацій потоку розплаву в широкому діапазоні тим самим досягаючи отримання більш якісної продукції зі стабільними формами та розмірами. У самому черв'яку екструдера, який складається із валу з хвостовиком, робочою зоною, з гвинтовою нарізкою та наконечником що має пружний елемент і дає можливість зворотно-поступального руху в осьовому отворі валу. Наконечник встановлено з боку хвостовика валу та споряджена штоком з розташованим на його кінці поршнем, а простір між ними заповнений в'язкою рідиною; в осьовому отворі валу на зазначеній ділянці закріплено нерухому дросельною шайбу. Сам пружний елемент встановлено між поршнем та дном осьового отвору валу або між наконечником і дросельною шайбою.

Кожне з запропонованих рішень має свої переваги. Оснащення наконечника черв'яка штоком у якого на кінці поршень та встановлення нерухомої дросельної шайби значно збільшує можливості екструдера. При послідовному розміщенню пружного елемента між поршня та дном осьового отвору вала, за рахунок плавного перетікання в'язкої рідини крізь дросельну шайбу під час раптової зміни тиску зі сторони розплаву на наконечник черв'яка спочатку пружно здеформується пружний елемент, а лише потім буде “деформуватися” ділянка отвору валу з поршнем. Якщо ж розташувати пружного елемента між наконечником і дросельною шайбою, то деформація пружного елемента дорівнює деформації її в'язкого елемента. Можна стверджувати, що запропоновані модернізації черв'яка ефективно зменшують будь-які коливання витрати розплаву на вході екструзійної головки, і як наслідок отримання більш якісної продукції.

Черв'як екструдера містить (Рис. 5.5) вал 1 з послідовно розташованими хвостовиком 2, робочою зоною 3 з гвинтовою нарізкою, а також головкою 4, спорядженим пружним елементом 5 (наприклад, пружиною стиснення) і встановленим з можливістю зворотно-поступального руху в осьовому отворі 6 валу 1. Головка 4 з боку хвостовика валу 2 оснащено штоком 7 з розташованим на його

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

кінці поршнем 8, при цьому ділянка осевого отвору 6 валу 1 між головкою 4 і поршнем 8 заповнено в'язкою рідиною, а в осевому отворі 6 валу 1 на зазначеній ділянці закріплено нерухому дросельну шайбу 9. Штифт 10, що проходить крізь овальний отвір 11 головки 4, фіксує його від провертання відносно робочої зони 3 черв'яка. Пружний елемент 5 при цьому може бути встановлено або між поршнем 8 і дном осевого отвору 6 валу 1 (Рис. 5.6), або між головкою 4 і дросельною шайбою 9 (Рис. 5.7).

Основна перевага цієї ідеї у тому, що ця модель не складна для виробництва, а застосування дає багато переваг для роботи екструдерами.

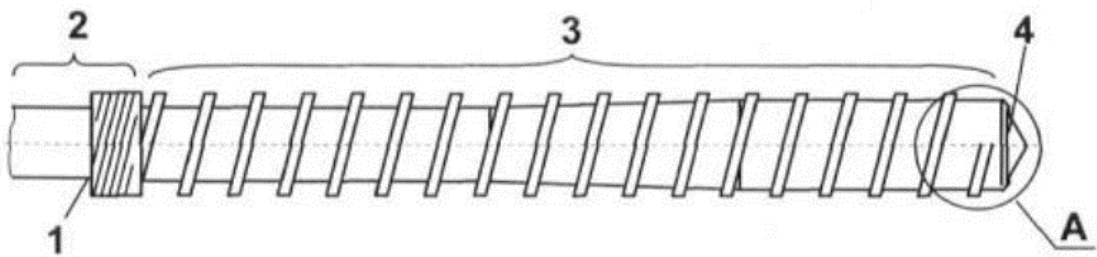


Рисунок 5.5 Загальний вигляд черв'яка

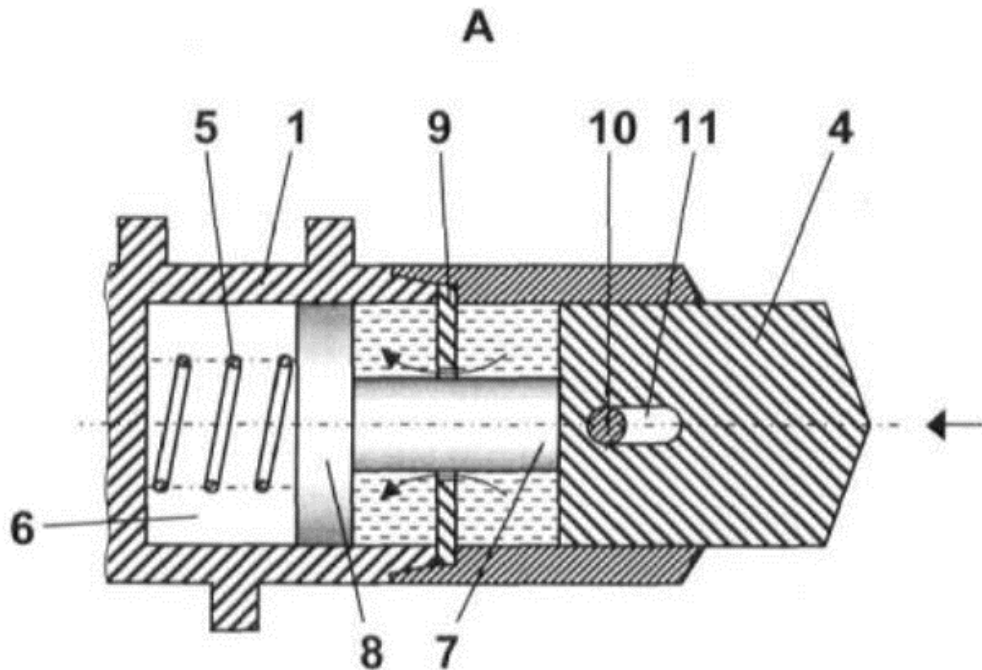


Рисунок 5.6 Виносний елемент з рис. 5.6, приклад розташування пружного елемента між поршнем та дном осевого отвору валу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
26

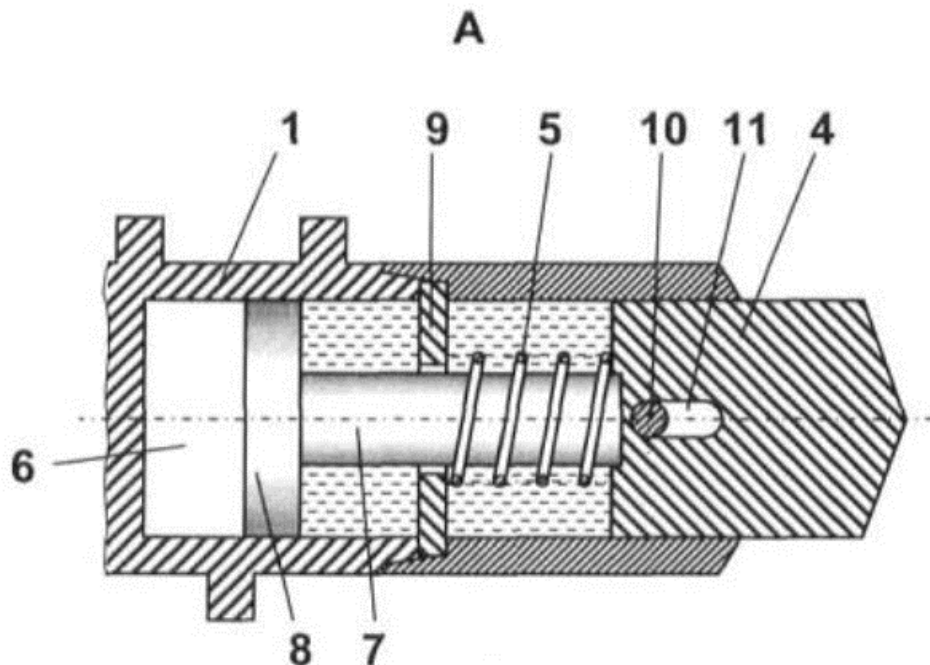


Рисунок 5.7 Виносний елемент з рис. 5.6, приклад розташування пружного елемента між наконечником та дросельною шайбою.

5) Авторське свідоцтво UA №120674U (2017) [10]

Автори: Мікульонюк Ігор Олегович, Івіцький Ігор Ігорович, Сокольський Олександр Леонідович, Сідоров Дмитро Едуардович

ШНЕК ЕКСТРУДЕРА ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Даний патент належить до для переробки полімерних матеріалів, зокрема черв'як може бути використаний як робочий орган для екструдерів.

Недолік базової конструкції полягає у тому, можливий великий зворотній потік розплаву а звідси зменшення продуктивності. Для усунення даного недоліку було вирішено, у шнеку екструдера для переробки полімерних матеріалів, що має зони живлення, стискання і дозування, додати по гребню гвинтової нарізки в зоні дозування або по всій довжині шнека виконана щонайменше одна гвинтова канавка, розташована паралельно бічним сторонам гребня нарізки. В шнеку можуть бути гвинтові канавки додатково виконані по гребню гвинтової нарізки в зонах живлення і стиснення.

Шнек для переробки полімерних матеріалів містить кілька зон: зону живлення А, зону стискання В і зону дозування С, причому остання виконана зі змінним по довжині зони об'ємом витоків гвинтового каналу 1 (Рис. 5.8). По гребню 2 гвинтової нарізки в зоні дозування С виконана одна гвинтова канавка 3 (Рис. 5.9) або, якщо

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
27

дозволяє ширина гребня, може бути виконано кілька гвинтових канавок 3 (Рис. 5.10), розташованих паралельно бічним сторонам гребня нарізки.

Гвинтові канавки 3 можуть бути виконані по гребню гвинтової нарізки шнека додатково і в інших його зонах, наприклад, в зонах живлення А, стискання В, тобто по всій довжині шнека. Канавки 3 утворюють спіральні порожнини 4.

За рахунок створення додаткового гідравлічного опору і нагнітання надлишкового тиску в порожнинах гвинтових канавок на гребнях витків шнека знижується величина зворотного потоку розплаву (витоків) і його вплив на продуктивність при збільшенні зазору гребінь шнека - корпус екструдера в результаті зносу шнека і корпусу, завдяки чому підвищується продуктивність екструдера і збільшуються терміни міжремонтних періодів.

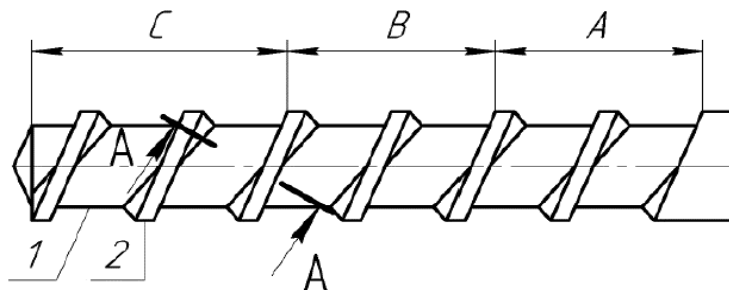


Рис. 5.8 Загальний вигляд шнека

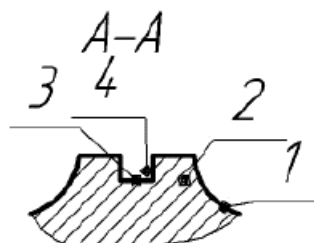


Рис. 5.9 Одна гвинтова канавка по гребню, розріз А-А на рис. 5.8

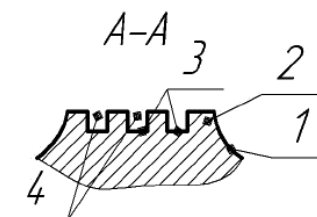


Рис. 5.10 Декілька гвинтових канавок по гребню, розріз А-А на рис. 5.8

б) Авторське свідоцтво RU №2626208C1 (2016) [11]

Автори: Сідоров Вячеслав Ніколаєвич, Цимбалюк Александр Дмитрович

ЗМІШУВАЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
28

Винахід відноситься до пристроїв для приготування сумішей з високов'язких полімерних матеріалів з абразивними включеннями і одночасної їх дегазації в хімічній технології, виробництві будівельних матеріалів.

Основним недоліком конструкції змішувача, стосовно до виробництва матеріалів з абразивними включеннями є низька зносостійкість еластичною порожнистої оболонки шнека, ненадійне її кріплення до валу, значні обсяги переробляється, що залишаються в корпусі після завершення роботи змішувача. Це обумовлено тим, що еластична порожниста оболонка виконана з однаковою товщиною по всій зовнішній робочій поверхні шнека і кріпиться до валу тільки за допомогою гвинтової нарізки і пружини. Таке конструктивне рішення змішувача може привести або до швидкого зносу виступів оболонки шнека в зонах її контакту з внутрішньої робочою поверхнею корпусу або невиправданого збільшення енергетичних витрат на збільшення тиску енергоносія в разі потовщення оболонки.

Зазначена мета досягається тим, що на зовнішній поверхні порожнього валу розміщені поздовжні шліци, всередині валу виконані два незалежних один від одного поздовжні отвори, еластична порожниста оболонка змонтована з двох камер, з порожнистої гвинтової камери шнека і камери, встановленої на торці полого валу у розвантажувального патрубку, виступи порожнистої камери шнека виготовлені товщиною в два рази більше товщини її бічних сторін, камера, встановлена на торці валу та виконана у вигляді півсфери, кожна камера з'єднана за допомогою одного з поздовжніх отворів валу з джерелом коливань тиску енергоносія, внутрішня поверхня розвантажувального патрубку виготовлена в вигляді півсфери.

Змішувач(рис. 5.11-5.13) складається з циліндричного корпусу 1 з завантажувальним 2 і вивантажувальним 3 патрубками, полого валу 4. На зовнішній поверхні вала 4 розміщені поздовжні шліци 5. Усередині валу 4 виконані незалежні один від одного поздовжні отвори 6 і 7. Еластична порожниста оболонка змонтована з двох камер, з порожнистої камери шнека 8 і камери 9. Оболонка камери 9, якщо всередину її не поданий енергоносій, впритул примикає до сферичного оголовка 10, встановленим на торці полого валу 4. По осі оголовка 10 виконаний отвір, співвісний з поздовжнім отвором 7. Виступи 11 еластичною

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

порожнистої камери шнека 8 виготовлені товщиною в два рази більше товщини її бічних сторін 12. Отвори 6 і 7 в підлогою валу 4 призначені для підведення в камери 8 і 9 енергоносія від джерела низькочастотних коливань тиску (на фіг. не показаний). Радіальний отвір 13 призначений для з'єднання поздовжнього отвору 6 з внутрішнім об'ємом порожнистої камери шнека 8. Штуцер 14 корпусу 1 змішувача з'єднаний з вакуумною системою (на фіг. Не показана). Внутрішня поверхня розвантажувального патрубку 3 виготовлена у вигляді півсфери 15.

Пропонований змішувач дозволяє перемішувати полімерні матеріали з абразивними включеннями і одночасно виробляти дегазацію суміші. Зазначені переваги пропонованого змішувача, в порівнянні з відомими забезпечуються нової сукупністю його нових і відомих конструктивних елементів.

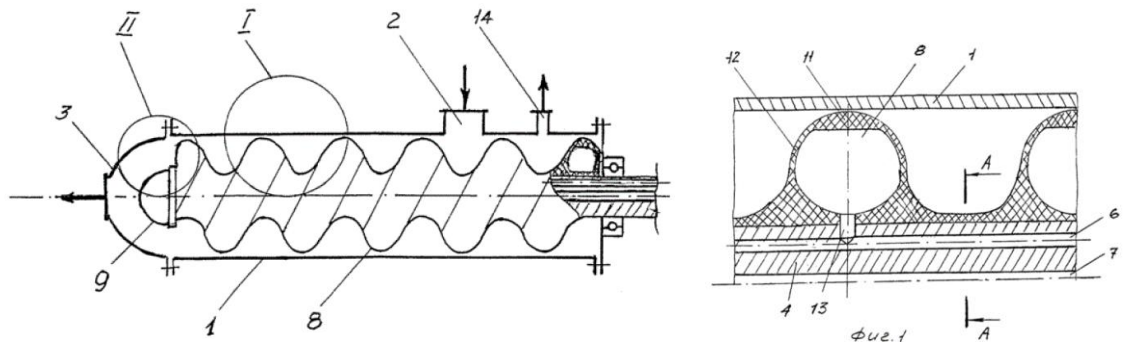


Рисунок 5.11 Загальний вид змішувача

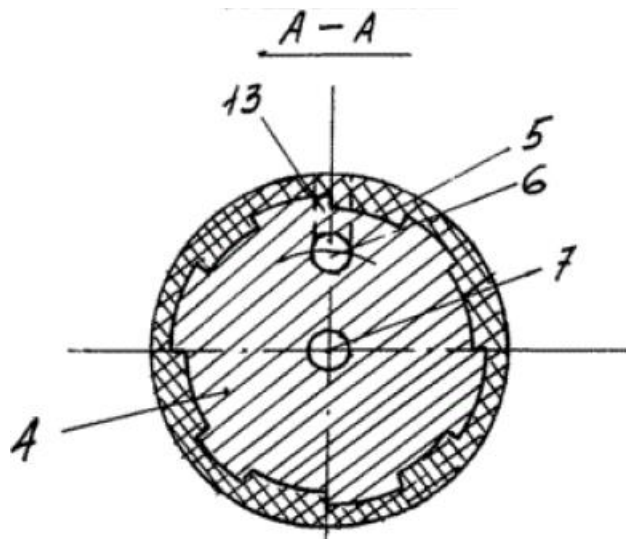


Рисунок 5.12 Розріз полого валу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
30

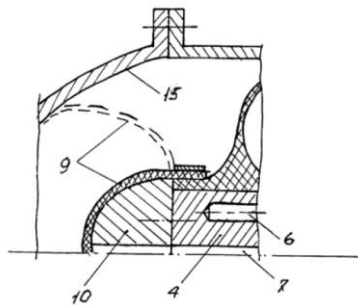


Рисунок 5.13 Розріз камери виконаний у вигляді півсфери

7) Авторське свідоцтво RU №2626208C1 (2016) [12]

Автори: Невзоров Віктор Ніколайович, Холопов Владимир Ніколайович,
Безязиков Денис Сергійович, Янова Марина Анатольєвна

ШНЕКОВИЙ ЕКСТРУДЕР

Шнековий екструдер (рис.5.14) містить мотор 1, який валом 2 пов'язаний з конічним редуктором 3, перший вихідний вал 4 якого, через колесо 5, гнучким елементом 6, пов'язаний з колесом 7, закріпленим на шнеку 8. Другий вихідний вал конічного редуктора 9, колесом 10 через гнучкий елемент 11 пов'язаний з колесом 12, закріпленим на входному валу 13 редуктора розгалужувача 14, при цьому вал 13 через шестерню 15 пов'язаний з шестернями 16 і 17, з'єднаними відповідно з дисбалансами 18 і 19 розташованими симетрично. Редуктор розгалужувача 14 закріплений на підшипниковому вузлі 20 з'єднаному з пластинчастої пружиною 21, яка в свою чергу встановлена на корпусі екструдера 22. Підшипниковий вузол 20 підшипниками 23 з'єднаний зі шнеком 8, який розташований в корпусі екструдера 22, який забезпечений завантажувальним патрубком 24.

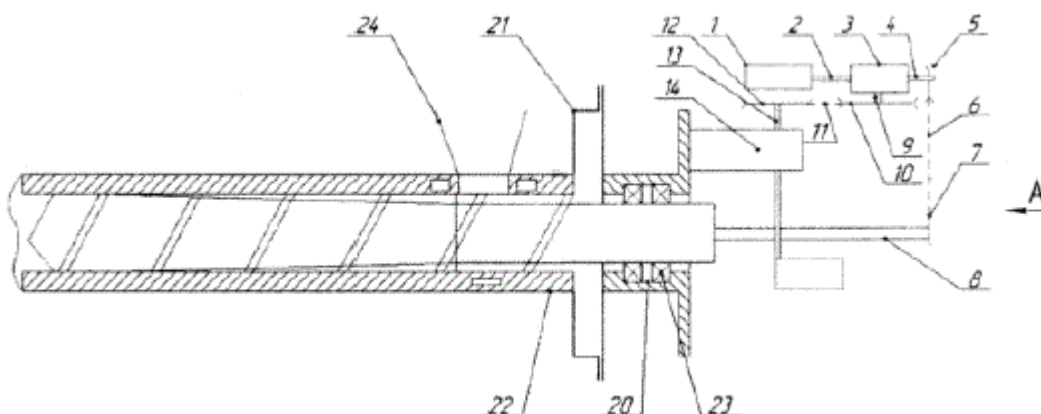


Рисунок 5.14

8) Авторське свідоцтво UA №12597 U (2016) [13]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
31

Автори:Потапов Володимир Олексійович,Білий Дмитро Володимирович

**ОДНОШНЕКОВИЙ ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРНИХ
МАТЕРІАЛІВ З ТЕПЛООБМІН- НИМ ПРИСТРОЄМ**

Запропонований екструдер на (Рис.5.15) складається з матеріального циліндра 1, робочої камери 2, теплообмінного пристрою 3, шнека 4, електронагрівачів 5, теплоізоляційного кожуху 6, завантажувального бункера 7, трубопроводу 8, вентилятора 9, системи контролю і регулювання 10, формуючої головки 11, завантажувального отвору 12, сітки-екрана 13.

На (Рис. 5.16), представлений матеріальний циліндр 1 робочої камери 2, теплообмінного пристрою 3, шнека 4, теплоізоляційного кожуху 6, формуючої головки 11, завантажувального отвору 12.

В загалом можна сказати що дане технічне рішення має багато покращень, а саме інтенсифікація процесу підігріву та підсушування сировини за рахунок повторного використання теплової енергії; скорочення процесу сушіння за рахунок збільшення температури підігріву повітря; покращення якості виробів за рахунок точності і надійності терморегулювання процесу виробництва та підвищення механічних властивостей готового продукту за рахунок якісного змішування розплаву в процесі теплообміну.

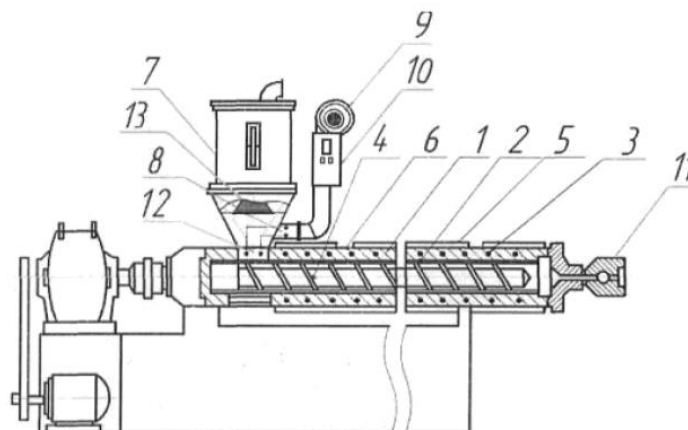


Рисунок 5.15 Одношнековий екструдер для виробництва полімерних полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
32

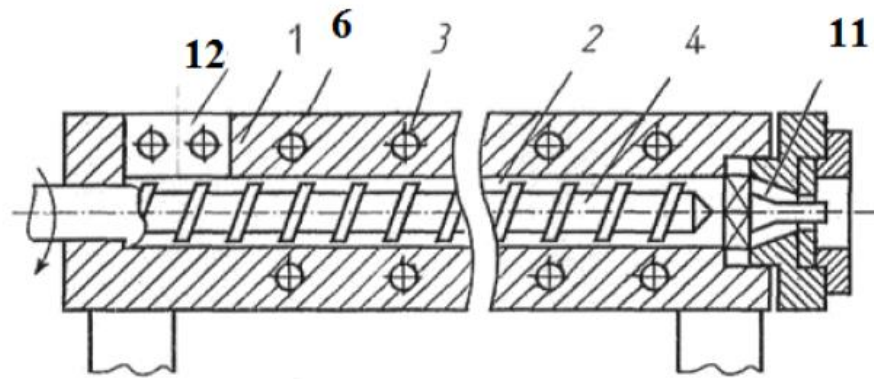


Рисунок 5.16 Матеріальний циліндр

9) Авторське свідоцтво SU №1680525 A1 (2016) [14]

Автори: В.І.Сівецький, С.О. Пристайлов, В.С.Рахманов, Д.Е.Сідоров, В. Л.

Яічко

МОДЕРНИЗАЦІЯ ШНЕКА

Винахід відноситься до переробки полімерних матеріалів і може бути використане на черв'ячних пресах в лініях для отримання і переробки полімерних матеріалів.

Мета винаходу - підвищення продуктивності черв'ячної машини. Шнек з витками 1 в зоні транспортування. плавлення (не показані) і дозування виконаний з канавкою 2 по гребню 3 витків 1. канавка 2 виконана з змінною по довжині об'ємом власної порожнини 4. Об'єм власної порожнини 4 канавки може змінюватися за рахунок зміни ширини. Наприклад, вона може плавно зменшуватися (справа наліво, як показано на Рис. 15.17) або східчасто (не показано), що залежить від технологічних і конструктивних особливостей процесу. Найбільш раціональна геометрія канавки - півколо радіуса 0.1-0.4 від ширини гребня витка, причому більше значення відповідає початку канавки (зони дозування), а найменше - її кінця. У цьому випадку можливо використовувати наступний прийом; на початку зони дозування на гребені витка черв'яка розміщується одна канавка, далі її доповнює друга, далі - третя і так далі, при цьому досягається висока ефективність роботи канавок, Аналогічний ефект зменшення геометричного об'єму витоків канавки досягається при зменшенні її глибини або глибини і ширини одночасно (не показано).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
33

Таким чином, вдається підвищити продуктивність черв'ячного преса за рахунок зниження потоків витоків в зазорі гребінь шнека (корпусу) черв'ячного преса без додаткових енерговитрат.

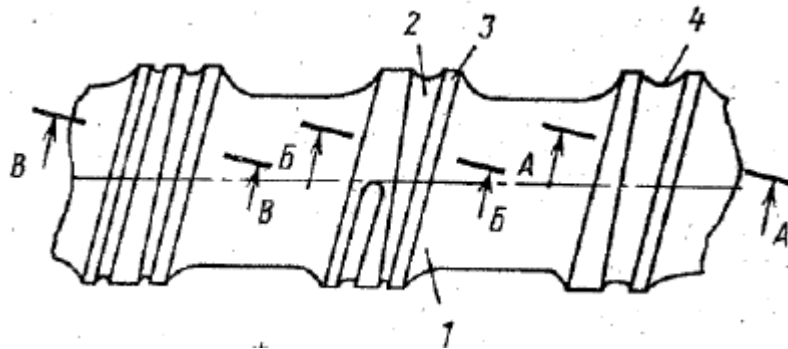


Рисунок 5.17 Ділянка шнеку з плавно зменшувальною шириною канавок по гребню витка.



Рисунок 5.18 Перерізи Рис.15.17

10) Авторське свідоцтво U.S.Patent №4,125,333 (1978) [15]

Автори: Reuben T. Fields

EXTRUSION APPARATUS

В даному конструктивному рішенні метою є підвищення зчеплення внутрішньої поверхні циліндра з полімером без внесення змін до інших аспектів екструдера, такі як здатність екструдера розвивати високий тиск, необхідного для прошовхування пластика через формуючу матрицю. Спіральні канавки, вирізані у внутрішній поверхні циліндра, не знижують здатність екструдера для створення високих тисків і отримання більш стабільної швидкості подачі в екструдер (рис.15.18), що 1 пази, вирізані на внутрішній поверхні з утворенням спіралей, виконані так само, що і гвинт, 2 спіральної канавки є, зокрема, різьбленням гвинта, і 3 ширина канавки або канавок не перевищує ширину поверхні гвинтової різьби. Виявилося, що дрібна канавка в формі півмісяця дозволяє нам отримати самоочищення і в той же час забезпечує адекватне захоплююче дію на оброблюваний полімерний матеріал.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
34

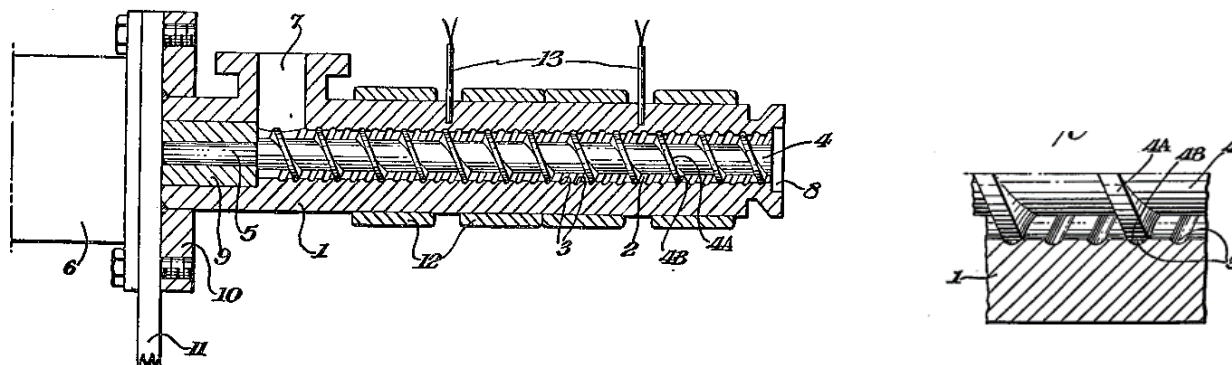


Рис. 15.18 Вигляд поперечного перерізу шнекового екструдера та збільшений вигляд канавки

Як можна бачити на кресленні, пристрій містить циліндр або корпус 1, що має отвір 2 з внутрішнім різьбленням 3 і забезпечений гвинтом 4 для щільної посадки. Гвинт 4 показаний з правої навивкою різьби або прольотом 4А з базою 4В і вбудованим приводним валом 5, який з'єднаний із зовнішнім джерелом обертальної сили 6. Ширина плоскої ділянки на різьбі, прилеглої до стовбура земля. Циліндр 1 має отвір 7 для отвори для подачі та вихідний кінець 8, до якого може бути прикріплена екструзійна матриця (не показана). Циліндр 1 може мати втулку 9 для підтримки валу 5, фланець 10 для установки циліндра екструдера на відповідну опору 11 і джерело 6 живлення.

Виконання канавок черв'ячного екструдера з різьбовою навивкою на корпусі дозволяє значно підвищити тиск та стабілізувати продуктивність на виході черв'ячного агрегату для полімерів які мають високу в'язкість розплаву, а також дозволить даному пристрою працювати при достатньо високих температурах

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
35

1.4.2. Вибір та обґрунтування запропонованої модернізації

Після проведення патентно-літературного огляду було вибрані наступні технічні рішення[14, 15].

Ці дві модернізації були обрані тому, що по суті вони дуже економічно вигідні, а запровадження їх у машину значно збільшує її продуктивність.

Модернізація [14] була обрана у цьому проекті для того, щоб збільшити продуктивність за рахунок додавання канавок у зоні дозування, тим самим зменшуючи майже до нуля потік нагнітання. Ще однією перевагою є те, що після виконання цих канавок, вони створюють додатковий тиск, який покращує умови перемішування розплаву і як результат отримання більш якісно змішування.

Модернізація [15], у якій була виконана модернізація матеріального циліндра, яка полягає у тому що на внутрішньому діаметрі у зоні дозування виконані спіральні канавки. За рахунок цього підвищується тиск у корпусі, що насамперед впливає на його продуктивність та збільшується діапазон температур при яких може працювати пристрій

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.5. ОХОРОНА ПРАЦІ

1) Дотримання законодавчих нормативних актів про охорону праці веде до зниження травматизму на виробництві. Для цього проведемо науковий аналіз умов праці.

2) Технічне завдання дипломного проектування передбачає проектування «екструдера лінії для виготовлення труб з модернізацією екструдера». Лінія для виготовлення труб з поліпропілену використовується для виготовлення труб з полівінілхлориду, які потім використовуються у якості складових частин пластикових трубопроводів призначених для транспортування різноманітних речовин.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні лінії є:

- Повітря робочої зони;
- Пожежна небезпека;
- Вплив деталей чи механізмів що рухаються або обертаються, а також матеріалу, що переміщується ;
- Ураження електричним струмом;
- Промислове освітлення;

Виробничий шум і вібрації, які перевищують допустимі норми.

3) Визначаємо шкідливі небезпечні виробничі фактори, які виникають на екструдері лінії для виробництва труб з пластифікованого ПВХ. Установка параметрів технологічного процесу і контроль здійснюється оператором. Пульт керування оператора знаходиться у виробничому цеху на відстані 3м від екструдера, площа цеху $S=200\text{м}^2$, $V=3400\text{м}^3$.

4) Створення здорових безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення ШНВФ, для того щоб на стадії експлуатації намітити заходи, які необхідно проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.5.1. Мікроклімат

Робота оператора по обслуговуванню лінії відноситься до категорії легких робіт за ГОСТ 12.1.005-76.

Умови роботи на розроблюваному екструдері та лінії в цілому за відносяться до категорії середньої тяжкості (енерговитрати 150...200 ккал/год).

Температура повітря в робочій зоні складає 20-23 °С в теплий період року та 18-22 °С в холодний період року, відносна вологість 40-70 %, швидкість руху повітря 0,3 м/с, дані параметри та вміст шкідливих домішок відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

Склад повітря робочої зони залежить від параметрів метеорологічних умов: температури, відносної вологості, а також кількості шкідливих речовин, що виділяються машиною. Допустимі і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в таблицю.

Фактичні параметри умов відповідають нормам і забезпечуються наступними заходами:

Таблиця 1.

Період Року	Категорія роботи - легка		
	Температура	Відносна вологість	Швидкість руху повітря
	°С	%	м/с
Холодний або перехідний	Факт. 20 ÷ 23	60 - 40	0,2
Теплий	Факт. 22 ÷ 25	60 - 40	0,2

В холодну пору року підігрів приміщення батареями з теплоносіями, нагрітими до температури 50 ÷ 60°С. В теплу пору року – вентиляцією через верхні пройоми.

Під час роботи лінії відбувається виділення токсичних речовин – газів, пилу з відкритих ємностей, шляхом виходу газу через нещільність технологічного обладнання, з завантажувального бункера. Для видалення цих шкідливих

компонентів встановлена місцева вентиляція, в цеху встановлена також загальнообмінна вентиляція, відповідно до СНиП 2-04.05-84.

В залежності від технологічного процесу компонентами для отримання полімерних труб можуть бути, окрім полімеру, різноманітні барвники.

Ефективна робота витяжного зонта можлива лише в тому випадку, якщо об'єм підтікаючого повітря менше об'єму повітря що відсмоктується.

Розміри вхідного отвору зонта більше розмірів джерела. Для надійності роботи зонта необхідно, щоб вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливостей був мінімальним.

Габарити зонта знаходимо:

Висота підвісу зонта H приймається в границях $1,6 \div 1,8$ м;

Так як кришка завантажувальної воронки знаходиться на висоті 2,15м, то виконуються наступні умови:

$H_1 = 2,2\text{м}$; для зонта екструзійної головки $H_2 = 1,5\text{м}$;

Розміри прямокутного зонта в плані визначаємо з виразу:

$$A = a + 0,8h; \quad B = b + 0,8h;$$

де a, b – сторони поверхні, що перекривається, м; h – відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається, м;

$$h_1 = 0,3\text{м}, \quad h_2 = 0,2\text{м},$$

$$A_1 = B = 0,4 + 0,8 \cdot 0,3 = 0,64\text{м}. - \text{ для завантажувальної воронки};$$

$$A_2 = B = 0,15 + 0,8 \cdot 0,2 = 0,31\text{м}. , S = 1000 \text{ м}^2$$

Кут зачинення зонта φ маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку вісьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта).

Повна висота зонта:

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6, \text{ м};$$

де $D = 0,3$ м – діаметр витяжної труби;

$h_6 = 0,2$ м – висота борту;

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$h_{31} = \frac{0,64 - 0,3}{2 \operatorname{tg} \frac{60}{2}} + 0,2 = 0,49 \text{ м};$$

$$h_{32} = \frac{0,31 - 0,3}{2 \operatorname{tg} \frac{60}{2}} + 0,2 = 0,21 \text{ м};$$

Приймаємо:

$$h_{31} = 0,5 \text{ м};$$

$$h_{32} = 0,25 \text{ м}.$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів

$$J_z = 3600 \cdot F \cdot V_0, \text{ м}^3/\text{с};$$

де F – площа розрахункового перерізу, м^2

$$F = 0,64 \cdot 0,64 + 0,31 \cdot 0,31 = 0,51 \text{ м}^2,$$

$V_0 = 0,5 \text{ м/с}$ – середня швидкість в розрахунковому перерізі зонтів,

$$J_z = 3600 \cdot 0,51 \cdot 0,5 = 918 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розвинутий повний тиск $H = 65 \text{ Па}$.

Приймаємо вісьовий вентилятор МЦ-4:

продуктивність якого $J_b = 1200 \text{ м}^3/\text{г}$,

розвинутий повний тиск $H_b = 65 \text{ Па}$,

кількість обертів колеса $n = 930 \text{ об/хв}$,

ККД $\eta = 0,42$.

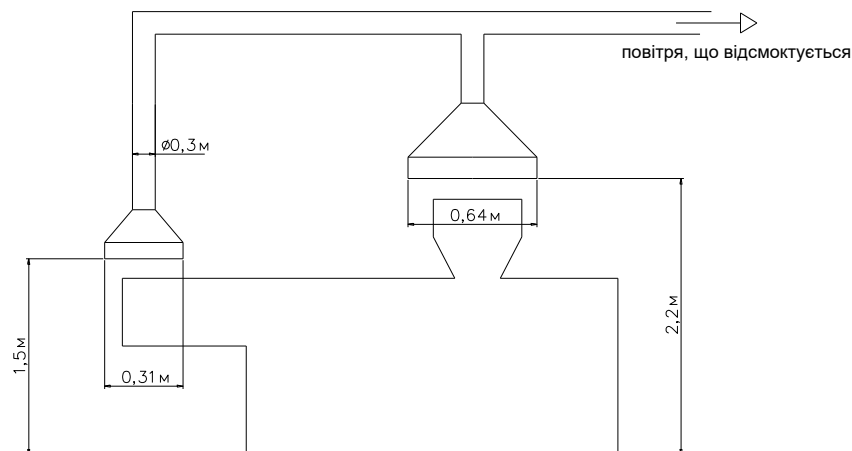


Рисунок 6.1 Схема витяжної вентиляції.

Підбираємо електродвигун для вентилятора.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
40

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться за формулою

$$N = \frac{1200 \cdot 65}{3600 \cdot 102 \cdot 0,42 \cdot 0,7} = 0,72 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна N_d розраховується з коефіцієнтом запасу 1,5

Приймаємо електродвигун потужністю $N = 1,1$ кВт з кількістю обертів $n = 930$ об/хв.

Для відводу шкідливих речовин над завантажувальним бункером та екструзійною головкою встановлюємо витяжні зонти. Для них характерно те, що між джерелом і приймачем є захищений від навколишнього середовища простір.

1.5.2. Пожежна безпека

У виробничому цеху, де працює лінія виробництва поліпропіленових труб може спалахнути:

Промаслена ветош, машинне масло, електропроводка, електрообладнання. Крім того, беручи до уваги, що для виробництва труб сировиною є поліпропілен, при перевищенні певних температурних порогів можуть спалахнути деякі його складові:

- При перевищенні 120°C – формальдегід, ацетальдегід, ацетон, метиловий спирт, кетони, окис та двоокису вуглецю;
- При перевищенні 150°C – кислоти, ефіри, альдегіди, перекисневі сполучення.

На основі цього: приміщення, де знаходиться лінія відноситься до категорії „В” НАПБ Б.03.002-2007, і класу зони П-Па (ПУЕ), ступінь вогнестійкості III згідно ДБН В 1.1-7-2002.

Це виробництво в якому використовуються рідини з температурою спалаху вище 61°C і горючі пили або волокна, нижня границя займання яких більше 65 мг/м^3 , тверді речовини і матеріали, що займаються, які здатні лише горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою або один з одним.

Можливі причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;
- несправність електрообладнання;

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- іскри при електро- і газозварювальних роботах.

Заходи по попередженню пожежі передбачають вибір незгоряємих матеріалів, а також організаційні заходи.

В якості засобів гасіння пожежі використовують порошкові вогнегасники САМ – 9 (84 шт.). Для гасіння включених електромереж приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (10 шт.).

На верхній сферичній частині кожного балона мають бути чітко нанесені тавруванням наступні дані:

- Товарний знак заводу-виробника;
- Номер балона по системі нумерації підприємства-виробника;
- Дата виготовлення(випробування) і рік наступного випробування;
- Вид термообробки;
- Робочий тиск та пробний гідравлічний тиск;
- Об'єм балона;
- Маса балона;
- Клеймо ОТК.

У час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація – теплові оповіщаючі пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщувачів надходить на приймальну станцію. При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до СНиП II-90-81 в приміщенні знаходяться два евакуиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м.

1.5.3. Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються.

Механізмами що обертаються в лінії є муфти, шестерні, вали. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення механічних травм людині. Для застерігання травм використовують огороження, шестерні і вали закриті корпусами. Для аварійної зупинки лінії передбаченні аварійні кнопки відключення. На електродвигунах встановленні аварійні вимикачі.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.5.4. Електробезпека.

Лінія для виробництва поліпропіленових труб, що розробляється, при роботі буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна, згідно ПУЕ приміщення належить до приміщень з підвищеною безпекою [9].

На пульті керування машиніста напруга $U = 220 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$, для електродвигунів, що використовуються на лінії напруга $U = 380 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$. Тип електромережі – різноманітний із глухо заземленою нейтралю.

У зв'язку з цим основними заходами від пошкодження струмом є:

- Ізоляція;
- Недосяжність струмоведучих частин;
- Електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- Захисне занулення ;
- Рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- При роботі з електроінструментом, необхідно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і колоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Забороняється:

- Проводити роботи на незаземлених вузлах лінії;
- Робити розборку і ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- Допускати удари металічними предметами, щоб запобігти іскроутворенню;
- Курити, запалювати сірники, розводити відкритий вогонь, проводити зварювальні роботи;
- Залишати лінію, що працює без нагляду;
- Допускати у приміщення осіб, що не пройшли навчання і перевірку знань з питань охорони праці та техніки безпеки.

1.5.5. Промислове освітлення.

Лінія знаходиться в зачиненому приміщенні загальною площею не менше $S = 1000 \text{ м}^2$ і об'ємом $V = 3400 \text{ м}^3$. Робота лінії здійснюється у дві зміни одним

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

обслуговуючим оператором. Так як приміщення без віконних проїмів, то під час роботи використовується штучне освітлення.

Характеристика зорових робіт – IV розряд, підрозряд В – найменший об’єкт різниці має розмір 0,5 – 1мм. Характеристика фону – світлий, контраст об’єкта різниці з фоном – великий. Виходячи з цього в приміщенні встановлено 300 галогенових ламп типу ДР4-400 (400 Вт) зі світловим потоком 32000 лм, що підвищує величину освітлення до 350 люкс, тому приміщення відповідає 5

1.5.6. Шум.

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- Електродвигуни;
- Редуктори;
- Вентилятори;
- Система охолодження.

У результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму $L_{вдж} = 100$ дБА., Це означає прийняття наступних обмежень для захисту від виробничого шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться, наявність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

Це забезпечить зниження рівня шуму на $\Delta L = 30$ дБА.

Джерелами вібрації є: електродвигун та частини лінії що обертаються.

Зусилля вібрації починається з неточності встановлення частин що обертаються, з нещільного приєднання корпусів частин що обертаються до фундаменту.

У даному випадку спостерігається технологічна вібрація, яка переходить через опірні поверхні на оператора. Робітник у незначній мірі піддається вібрації, бо знаходиться далеко від основи машини – біля пульту керування. Таким чином спільна вібрація не діє на організм оператора. Рівень технологічної вібрації в виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.5.7. Повітря робочої зони

Під головкою черв'ячного екструдера встановлюється устаткування місцевої витяжної вентиляції. Місцева вентиляція застосовується в основному для відводу безпосередньо від місця виникнення чи виділення шкідливого повітря чи газів. Видалення шкідливостей супроводжується подальшим очищенням повітря.

Система місцевої вентиляції складається з приймача шкідливих виділень, повітроводів, вентиляторів (або ежекторів), очисного устаткування та відводів.

Приймачі, що повністю закривають джерело виділення шкідливостей, використовуються в основному при виділенні з апаратів чи іншого технологічного обладнання токсичних речовин з метою безпосереднього викиду їх в атмосферу чи уловлювання їх для подальшого використання в технологічному процесі. До таких видів закритих приймачів відносяться пристрої у вигляді капсули, укриття, витяжних шаф, аспіраційних пристроїв, витяжні зонти (рис. 6.2).

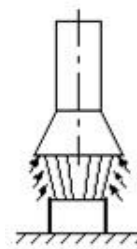


Рисунок 6.2 Схема витяжного зонта

Витрата повітря, яка видаляється витяжним зонтом становлять:

$$L = 360 \text{ м}^3/\text{хв},$$

Витяжні зонти встановлюються над джерелами шкідливих виділень.

Втрати повітря компенсує вентилятор типу МУ 4 з частотою обертання $n=950$ об/хв. та ККД=0,3 ГОСТ 12.1.005-88.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ

Арк.
45

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКИ

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

2. Розрахунки ЧП-63

2.1 Розрахунки, які підтверджують працездатність

2.1.1 Параметричний розрахунок черв'яка

Одним з основних вузлів черв'ячного пресу є черв'як, або шнек, який має призначення транспорту полімерного розплав від завантажувального бункера до формуючої головки, так і для більш ретельного видавлювання і перемішування з головки.

Одним з основних параметрів черв'яка, який характеризує продуктивність черв'ячного преса є його діаметр.

У технологічній лінії, яка розглядається у цьому проекті, вживається екструдер з черв'яком у якого зовнішній діаметр $D=63\text{мм}$ ГОСТ 114441 – 65. Для переробки пластифікованого ПВХ за технічним завданням відношення довжини робочої частини до його діаметра дорівнює $25D$.

Усі інші параметри для параметричного розрахунку вибираються згідно з обраного пероблюваного матеріалу. У дипломному проекті ми обираємо для переробки пластикаційний полівінілхлорид, для обчислення базових параметричних розрахунків використовуються залежності які приведено нижче, а також представлена схема з умовними зонами на рис.1

Крок профілю – це відтань, яка виміряна вздовж осі черв'яка, між сторонами двох сусідніх витків.

$$t = (0,7 \div 1) \cdot D = 1 \cdot 63 = 63 \text{ мм.}$$

Для нашого випадку та полімеру обираємо однозахідний черв'як.

Кут підйому гвинтової лінії обумовлює продуктивність і тиск у середині корпусу:

У середині корпусу, тиск та продуктивність, визначається за кутом підйому гвинтової лінії:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{63}{3,14 \cdot 63} = 17,65^\circ.$$

Ширина гвинтового каналу, b :

$$B = \frac{I-E}{I \cdot \cos \varphi} = \frac{0,063-0,07}{0,063 \cdot (\cos 17^\circ 65')} = 0,0556 \text{ м}$$

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

Товщина гребня черв'яка для одночерв'ячних машин:

$$e = (0,08 \div 0,12) \cdot D = 0,1 \cdot 63 = 6,3 \text{ мм}$$

Зазор між черв'яком та гільзою складає:

$$\delta = (0,002 \div 0,003) \cdot D = 0,003 \cdot 63 = 0,189 \text{ мм.}$$

Найбільш часто застосовують профіль нарізки, що характеризується наявністю радіусу скруглення:

$$R = (0,12 \cdot 0,18) \cdot D = 0,15 \cdot 63 = 9,45 \text{ мм.}$$

$$r = (0,06 \cdot 0,12) \cdot D = 0,08 \cdot 63 = 5,04 \text{ мм.}$$

В зоні завантаження, глибина гвинтового каналу дорівнює:

$$h_1 = (0,12 \div 0,016) \cdot D = 0,14 \cdot 63 = 8,52 \text{ мм.}$$

В зоні дозування, глибина гвинтового каналу складає :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} \cdot (D - h_1)} \right],$$
$$h_2 = 0,5 \cdot \left[63 - \sqrt{63^2 - \frac{4 \cdot 8,52}{2,1} \cdot (63 - 8,52)} \right] = 3,01 \text{ мм,}$$

де $i=2,1$ –ступінь стиску ПВХ.

Діаметр внутрішнього отвору черв'яка приймаємо: $d_{\text{вн}}=14\text{мм}$;

Під завантажувальною воронкою, діаметр стержня:

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 63 - 2 \cdot 8,52 = 46,36 \text{ мм};$$

В зоні дозування діаметр стержня дорівнює:

$$d_2 = D - 2 \cdot h_2 = 63 - 2 \cdot 3,84 = 57,32 \text{ мм.}$$

Довжина торпеди;

$$L_{\text{торп}} = (0,6 \div 0,8) \cdot D = 0,7 \cdot 63 = 44,1 \text{ мм}$$

Довжину робочої частини черв'яка приймаємо:

$$L_{\text{роб}} = (20 \div 30) \cdot D = 25 \cdot 63 = 1575 \text{ мм.}$$

Довжину зони завантаження приймаємо:

$$L_{\text{загр}} = (1,5 \div 3) \cdot D = 2,5 \cdot 63 = 157,5 \text{ мм}$$

Довжину зони дозування приймаємо:

$$L_{\text{доз}} = (10 \div 17) \cdot D = 17 \cdot 63 = 1120 \text{ мм}$$

Довжину зони стиску приймаємо:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 РР

$$L_{\text{ст}} = L_{\text{роб}} - L_{\text{доз}} - L_{\text{загр}} = 1575 - 1120 - 157,5 = 297,5 \text{ мм}$$

Довжина шліцевого зачеплення приймається: $L_{\text{шл}} = 85 \text{ мм}$;

Довжина циліндричної частини черв'яка:

$$L_{\text{цил}} = (1 \div 3) \times D = 1,05 \times 63 = 65 \text{ мм}$$

Довжину відбійної частини приймаємо:

$$L_{\text{відб}} = (0,1 \div 0,7) \times D = 0,7 \cdot 63 = 44 \text{ мм}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L_0 = L_{\text{роб}} + L_{\text{шл}} + L_{\text{відб}} + L_{\text{торп}} + L_{\text{цилін}} = 1575 + 85 + 40 + 44,1 + 65 = 1810 \text{ мм}$$

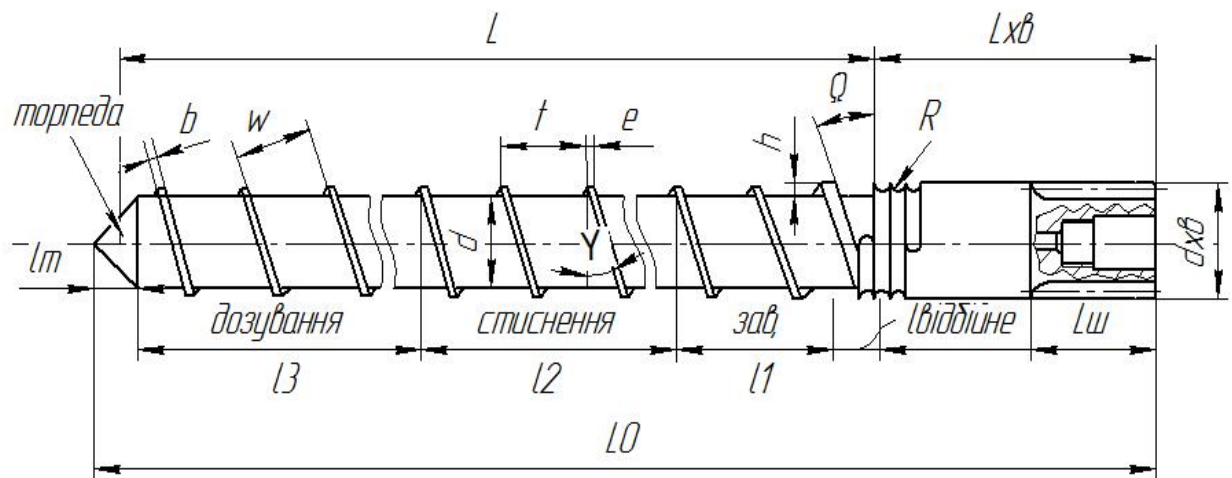


Рисунок 4.1. Схема черв'яка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 РР

Арк.
49

2.1.2 Розрахунок продуктивності преса ЧП-63 при переробці пластифікованого ПВХ

Мета: визначення максимальної теоретичної продуктивності преса при переробці пластифікаційного ПВХ.

Вихідні дані:

Задана продуктивність машини	$Q = 90 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$
Максимальне число обертів черв'яка	$N = 160 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$
Зовнішній діаметр черв'яка	$D = 0,063 \text{ м}$
Крок черв'яка	$T = 0,063 \text{ м}$
Ширина витка	$E = 0,007 \text{ м}$
Число заходів черв'яка	$I = 1$
Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження	$D_1 = 0,046 \text{ м}$
Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження	$H_1 = 0,0085 \text{ м}$
Глибина гвинтового каналу в зоні дозування	$H_2 = 0,003 \text{ м}$
Середня глибина канавки витка черв'яка.	$H = 0,00575 \text{ м}$
Довжина зони дозування черв'яка	$L_3 = 1,12 \text{ м}$
Матеріал	пластифікований ПВХ
Густина суміші пластифікованого ПВХ	$\rho = 0,132 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Розрахунок проведено згідно [19].

Продуктивність черв'яка зі змінною глибиною сердечника:

$$Q = \alpha_2 \cdot N - \frac{\beta_2 + \gamma_2}{\mu_{\text{до}}} \times P,$$

$$\text{де } \alpha_2 - \text{коефіцієнт потоку нагнітання: } \alpha_2 = \frac{\pi^3 \cdot (T - T \cdot E) \cdot \sigma}{A + T^2 \cdot B},$$

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot D}{2 \cdot [H_H - H_2]} \cdot \lg \frac{H_H}{H_2} + \frac{D^2}{2 \cdot H_H \cdot H_2} = 1 - \frac{6,9 \cdot 0,063}{2 \cdot [0,50075 - 0,003]} \cdot \lg \frac{0,00575}{0,003} + \frac{0,063^2}{2 \cdot 0,00575 \cdot 0,003} = 93,75$$

$$H_H = H_1 - [H_1 - H_2] \cdot 0,5 = 0,85 - [0,85 - 0,3] \cdot 0,5 = 0,575 \text{ см},$$

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

A, B – коефіцієнти, які характеризують конструкцію черв'яка зі змінним сердечником і визначаються за формулами:

$$A = \frac{\pi^2}{H_H \cdot H_2} \cdot \left[\frac{D \cdot (H_H + H_2)}{2 \cdot H_2 \cdot H_H} - 1 \right] = \frac{3,14^2}{0,00575 \cdot 0,003} \cdot \left(\frac{0,063 \cdot (0,00575 + 0,003)}{2 \cdot 0,00575 \cdot 0,003} - 1 \right) = 856$$

$$B = \frac{2,3}{(H_H - H_2) \cdot D^3} \cdot \lg \left(\frac{H_H \cdot (D + D_2)}{H_2 \cdot (D + D_1)} \right) + \frac{2 \cdot H_2 \cdot H_H + (H_H + H_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot H_H^2} =$$

$$\frac{2,3}{(0,00575 - 0,003) \cdot 0,063^3} \cdot \lg \left(\frac{0,00575 \cdot (0,063 + 0,057)}{0,3 \cdot (0,063 + 0,046)} \right) + \frac{2 \cdot 0,003 \cdot 0,00575 + (0,00575 + 0,003) \cdot 0,063}{2 \cdot 0,063^2 \cdot 0,00575^2} =$$

$$= 0,234$$

Отже, коефіцієнт потоку нагнітання дорівнює:

$$\alpha_2 = \frac{\pi^3 \cdot (T - T \cdot E) \cdot \sigma}{A + T^2 \cdot B} = \frac{3,14^3 \cdot (0,063 - 0,063 \cdot 0,007) \cdot 93,75}{856 + 0,063^2 \cdot 0,234} = 7,82$$

Коефіцієнт β_2 протиток визначається за формулою:

$$\beta_2 = \frac{\pi \cdot (T - T \cdot E)}{12 \cdot L_H \cdot (A + T^2 \cdot B)} = \frac{3,14 \cdot (0,063 - 0,063 \cdot 0,007)}{12 \cdot 1,12 \cdot (856 + 0,063^2 \cdot 0,234)} = 0,000015$$

γ_2 - коефіцієнт потоку втрат:

$$\gamma_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta^3 \cdot I^2}{10 \cdot E \cdot L_H \cdot (\pi \cdot D^2 + I^2) \cdot 0,5} = \frac{3,14 \cdot 0,063 \cdot 0,00015^3 \cdot 0,063^2}{10 \cdot 0,007 \cdot 1,12 \cdot (3,14 \cdot 0,063^2 + 0,063^2) \cdot 0,5} = 4,11 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3$$

$\Delta = 0,00015 \text{ м}$ - величина радіального зазору,

$\mu_{ef} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ - коефіцієнт динамічної в'язкості, визначений по таблицям в

залежності від величини швидкості зсуву, тобто градієнта швидкості:

$$\left(\frac{DV}{DX} \right) = 3,38 \cdot \frac{V}{H} = 3,38 \cdot \frac{0,5275}{0,00575} = 310$$

де $V = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,063 \cdot 160}{60} = 0,5275 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - кругова швидкість черв'яка по зовнішньому діаметру.

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

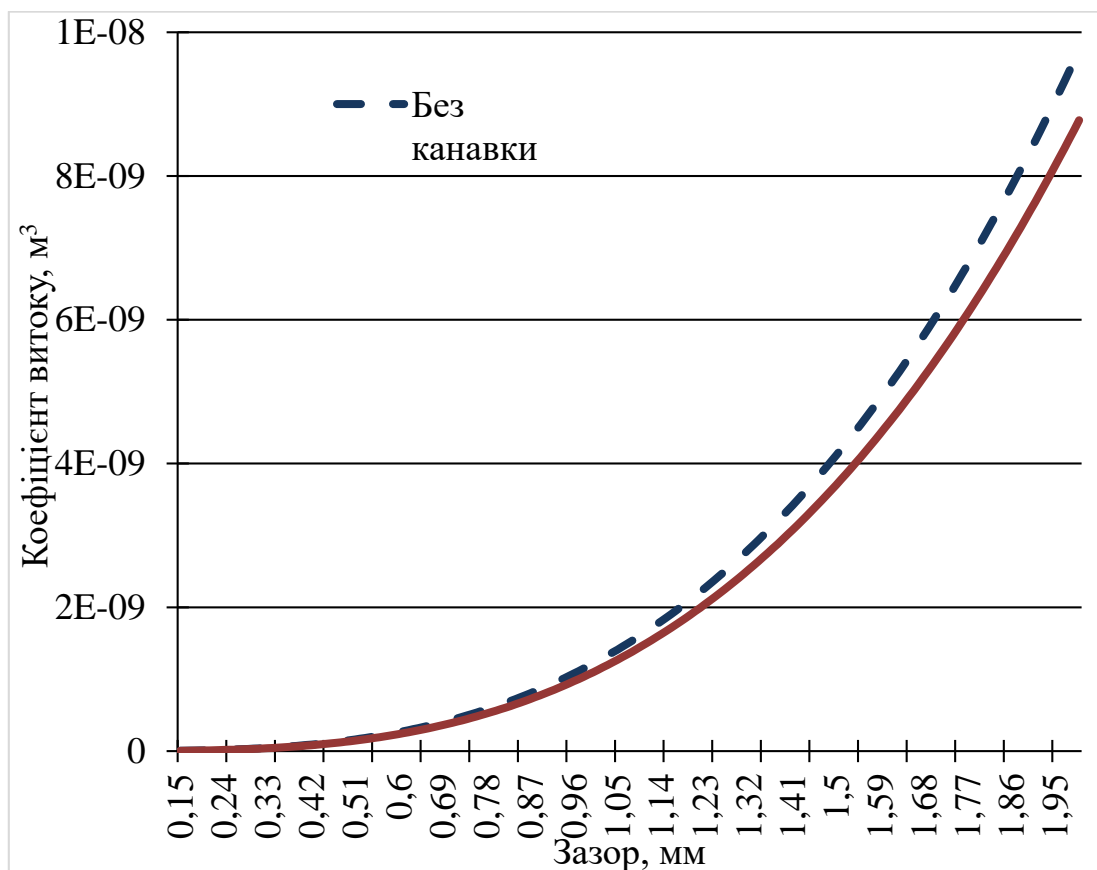


Рисунок 4.2 Графік залежності коефіцієнту витоку від зазору

Отже, розрахування продуктивності черв'яка зі змінною глибиною сердечника:

$$Q = \alpha_2 \cdot N - \frac{\beta_2 + \gamma_2}{\mu_{\text{еф}}} + P = 7,82 \cdot 160 - \frac{0,000015 + 4,11 \cdot 10^{-8}}{1 \cdot 10^{-3}} + 28 = 1223 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}} = 98,72 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Звідси можна стверджувати, необхідна продуктивність лінії забезпечується.

Розрахункова продуктивність $Q = 98,72 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$, більше заданої.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 РР

Арк.

52

2.1.3 Розрахунок потужності приводу преса ЧП-63 при переробці пластифікованого ПВХ

Мета: визначити потужність, що витрачається на переробку пластифікованого ПВХ.

Вихідні дані:

Масова продуктивність машини $G = 0,0277 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

Об'ємна витрата розплаву пластифікованого ПВХ

$$V = \frac{0,00125 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}}}{60} = 20,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Тиск в пресі $P_T = 28 \cdot 10^6 \text{ МПа}$

Температура матеріалу, що завантажується $T_1 = 20^\circ \text{C}$

Температура стінки $T_{\text{ц}} = 250^\circ \text{C}$

Температура плавлення розплаву $T_{\text{пл}} = 200^\circ \text{C}$

Діаметр сердечника черв'яка на початку зони дозування $D_H = 0,046 \text{ м}$

Діаметр сердечника черв'яка в кінці зони дозування $D_3 = 0,057 \text{ м}$

Глибина каналу на початку зони дозування $H_H = 0,0085 \text{ м}$

Глибина каналу в кінці зони дозування $H_3 = 0,003 \text{ м}$

Середнє значення глибини нарізки в зоні подачі $H_{\text{ср}} = 0,005 \text{ м}$

Довжина зони дозування черв'яка $L_3 = 1,12 \text{ м}$

Розрахунок проведено згідно [21].

Корисна потужність, яка витрачається в черв'ячній машині на переробку матеріалу:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_r,$$

де N_1 - потужність, яка витрачається в зоні подачі. Внаслідок її відносної малості нехтуємо нею.

$N_2 = N_2' + N_2''$ - потужність, яка витрачається в зоні плавлення.

N_2' - потужність, яка витрачається на тертя та дисипацію енергії в зазорі Δ між циліндром і поверхнею пробки твердого тіла,

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

N_2'' - потужність, яка витрачається в зазорі Δ між циліндром і гребнем витка.

$$N_2' = \mu_{ef} \cdot \Delta W_{np}^2 \cdot \frac{T - T \cdot E}{2 \cdot \Delta O \cdot \operatorname{tg} \varphi} \cdot L_3,$$

ΔW_{np} - швидкість переміщення пробки твердої фази циліндра по відношенню до стінки циліндра:

$$\Delta W_{np} = ((\pi \cdot D \cdot N - W_{np} \cdot \cos \varphi)^2 + (W_{np} \cdot \sin \varphi)^2)^{0,5} = ((3,14 \cdot 0,06 \cdot 2,66 - 0,098 \cdot 0,952846)^2 + (0,098 \cdot 0,307478)^2)^{0,5} = 0,433 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{де } W_{np} = \frac{G}{\rho_H \cdot B \cdot H_{1cp}} = \frac{0,0277}{600 \cdot 0,055 \cdot 0,0085} = 0,098 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$\rho_H = 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \text{наси́нна густина матеріалу},$$

B - ширина гвинтового каналу:

$$B = \frac{T - E}{T \cdot \cos \varphi} = \frac{0,063 - 0,007}{0,063 \cdot \cos(17^\circ 40')} = 0,055 \text{ м},$$

де $\varphi = 17^\circ 40'$ - кут підйому витка

Величина ефективної в'язкості визначається за середньою температурою пристінного шару і середньому градієнту швидкості:

$$T_{cm} = \frac{T_y + T_{nl}}{2} = \frac{250 + 200}{2} = 225^\circ \text{C},$$

$$\text{де } \gamma = \frac{\Delta W_{np}}{\Delta O} - \text{середній градієнт швидкості},$$

$$\Delta O = \frac{2 \cdot (T - E)}{\rho_H \cdot W_{np} \cdot \sin \varphi} \cdot \varphi - \text{товщина шару розплаву над пробкою матеріалу в}$$

міжвитковому просторі

Параметр φ визначається:

$$\phi = \frac{\lambda \cdot (T_y - T_{nl})}{C_T \cdot (T_{nl} - T_1) + r_{nl}} = \frac{0,17 \cdot (250 - 200)}{1,29 \cdot (200 - 20)} = 0,0366,$$

$$\text{де } \lambda = 0,105 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{К}} - \text{теплопровідність розплаву полімеру},$$

$$C_T = 1,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}} - \text{питома теплоємність твердої фази полімеру}.$$

Величиною r_{nl} нехтуємо.

Визначаємо величину ΔO :

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

$$\Delta O = \frac{2 \cdot (I - E)}{\rho_H \cdot W_{np} \cdot \sin \varphi} \cdot \phi = \frac{2 \cdot (0,06 - 0,007)}{600 \cdot 0,098 \cdot 0,303478} \cdot 0,0365 = 0,000115 \text{ м}$$

Середній градієнт швидкості:

$$\gamma = \frac{\Delta W_{np}}{\Delta O} = \frac{0,433}{0,000115} = 3765 \text{ с}^{-1}$$

Приймаємо $\mu_{ef} = 75 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Отже, потужність N_2' , яка витрачається на тертя та дисипацію енергії в зазорі Δ між циліндром і поверхнею пробки твердого тіла, дорівнює:

$$N_2' = \mu_{ef} \cdot \Delta W_{np}^2 \cdot \frac{T - T \cdot E}{2 \cdot \Delta O \cdot \text{tg} \varphi} \cdot L_2 = 75 \cdot 0,433^2 \cdot \frac{0,06 - 1 \cdot 0,007}{2 \cdot 0,000115 \cdot 0,318471} \cdot 1,12 = 11395 \text{ Вт} = 11,395 \text{ кВт}$$

Визначаємо потужність N_2'' , яка витрачається в зазорі Δ між циліндром і гребнем витка:

$$N_2'' = \mu_{ef} \cdot I \cdot E \cdot L_2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot N^2}{\Delta \cdot \text{tg} \varphi} = 75 \cdot 1 \cdot 0,007 \cdot 1,12 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 0,063^2 \cdot 2,66^2}{0,00015 \cdot 0,318471} = 3408 \text{ Вт} = 3,4 \text{ кВт}$$

Потужність в зоні дозування витрачається на подолання тертя плавлення в каналі черв'яка і в зазорі між циліндром і гребнем витка черв'яка.

Потужність, яка втрачається в каналі черв'яка в зоні дозування :

$$N_3' = \mu_{ef} \cdot N^2 \cdot \frac{\pi^3 \cdot (T - I \cdot E) \cdot L_2 \cdot \theta_2}{T}$$

Коефіцієнт θ визначається за формулою:

$$\theta = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4T^2}{\pi^2} + \frac{[D + D_3]^3 + [D + D_H]^3}{3(D_3 - D_H)} + \frac{2,3\pi^2 \cdot D^5}{(T^2 + \pi^2 \cdot D^2) \cdot [H_H - H_3]} = \frac{3,14^2 \cdot 0,063^2 - 4 \cdot 0,063^2}{3,14^2} + \frac{(0,063 + 0,057)^3 - (0,063 + 0,046)^3}{3(0,057 - 0,046)} + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 0,063^5}{(0,06^2 + 3,14^2 \cdot 0,063^2) \cdot (0,0085 - 0,003)} = 0,111$$

Тоді потужність N_3' , дорівнює:

$$N_3' = 0,111 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 2,66^2 \cdot \frac{3,14^3 \cdot (0,06 - 1 \cdot 0,007) \cdot 1,12}{0,06} = 1804 \text{ Вт} = 1,8 \text{ кВт}$$

Потужність, яка втрачається в зазорі на довжині зони дозування:

$$N_3'' = \mu_{ef} \cdot I \cdot E \cdot L_2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot N^2}{\Delta \cdot \text{tg} \varphi} = 75 \cdot 1 \cdot 0,007 \cdot 1,12 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 0,063^2 \cdot 2,66^2}{0,00015 \cdot 0,318471} = 3408 \text{ Вт} = 3,4 \text{ кВт}$$

Потужність, яка втрачається в каналі формувальної головки:

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

$$N_{\Gamma} = V \cdot P_{\Gamma} = 20,9 \cdot 10^{-6} \cdot 28 \cdot 10^6 = 582 Bm = 058 kBm$$

де $V = 20,9 \cdot 10^{-6} \frac{M^3}{c}$ - об'ємна витрата розплаву,

Загальні втрати потужності в черв'ячній машині складають:

$$N_{ИД} = N_2' + N_2'' + N_3' + N_3'' + N_{\Gamma} = 11,39 + 3,4 + 1,8 + 3,4 + 0,58 = 20,57 kBm$$

Потужність електродвигуна приводу машини :

$$N_E = \frac{N}{\varepsilon} = \frac{20,57}{0,6} = 36,2 kBm$$

де $\varepsilon = 0,4 \dots 0,8$ - коефіцієнт, який враховує втрати енергії в приводі черв'ячної машини.

Встановлено двигун потужністю $N = 37 kBm$.

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

2.1.4 Розрахунок осьового зусилля і вибір упорного підшипника

Мета: визначити осьове зусилля, яке діє на черв'як і вибрати підшипника.

Вихідні дані:

Зовнішній діаметр черв'яка $D = 0,063 м$,

Діаметр сердечника черв'яка $D_2 = 0,057 м$,

Зусилля у гвинтовому каналі $P_z = 28 МПа$,

Максимальне число обертів черв'яка $N_1 = 160 \frac{об}{хв}$.

Розрахунок проведено згідно [20].

Осьове зусилля, яке що діє на черв'як, складається із зусилля, що виникає у гвинтовому каналі черв'яка P_z і зусилля, що виникає при видавлюванні через головку P_B :

$$P_{OC} = P_z + P_B,$$

де P_B - осьове зусилля, яке діє на черв'як зі сторони

формульної головки: $P_B = P_{num} \cdot F$,

$P_z = 28 МПа$ - питомий тиск суміші на виході із машини;

F - площа поперечного перерізу черв'яка, визначена за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot (D^2 + D_2^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,063^2 + 0,057^2)}{4} = 0,0005652 м^2$$

Визначимо осьове зусилля, яке діє на черв'як зі сторони формульної головки:

$$P_B = P_{num} \cdot F = 28 \cdot 10^6 \cdot 0,0005652 = 15825 Н$$

Загальне осьове зусилля, яке діє на черв'як, дорівнює:

$$P_{OC} = P_z + P_B = 15800 + 15825 = 31625 Н$$

Осьове навантаження, яке діє на черв'як, сприймає упорний роликпідшипник. Встановлюємо роликпідшипник упорний сферичний №9039428.

Визначимо еквівалентне динамічне навантаження, яка діє на підшипник:

$$P = (P_{oc} + 1,2 \cdot P_r) \cdot k_e \cdot k_t = (31625 \cdot 10^6 + 1,2 \cdot 0) \cdot 1,2 \cdot 1,02 = 3,922 \cdot 10^4 Н.$$

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

де $P_r=0$ - радіальне зусилля; $k_b=1,2$ динамічний коефіцієнт; $k_t=1,02$ - температурний коефіцієнт [19].

Довговічність підшипника:

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot N_1} \left(\frac{C}{P} \right)^{3,33} = \frac{10^6}{60 \cdot 160} \cdot \left(\frac{5 \cdot 10^5}{3,922 \cdot 10^4} \right)^{3,33} = 137000 \text{ год} = 1,37 \cdot 10^5 \text{ год},$$

$C=50000$ Н – динамічна вантажопідйомність підшипника.

Вибрано роликопідшипник упорний сферичний №9039427.

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		58

2.2 Розрахунки, які відповідають модернізації черв'яка

2.2.1 Розрахунок черв'яка на стійкість та міцність

Мета: перевірити черв'як на стійкість та міцність.

Вихідні дані:

Потужність, яка споживається черв'яком

$$N = 37 \text{ кВт},$$

Швидкість обертання черв'яка

$$n = 160 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Довжина робочої частини черв'яка

$$L = 1,56 \text{ м},$$

Допустиме напруження розтягу для Сталь 40ХН2МА

$$[\sigma]_p = 200 \text{ МПа}$$

Запас міцності

$$n_t = 1,125$$

Розрахункова схема сил, що діють на черв'як зображені на рисунку 4.2.

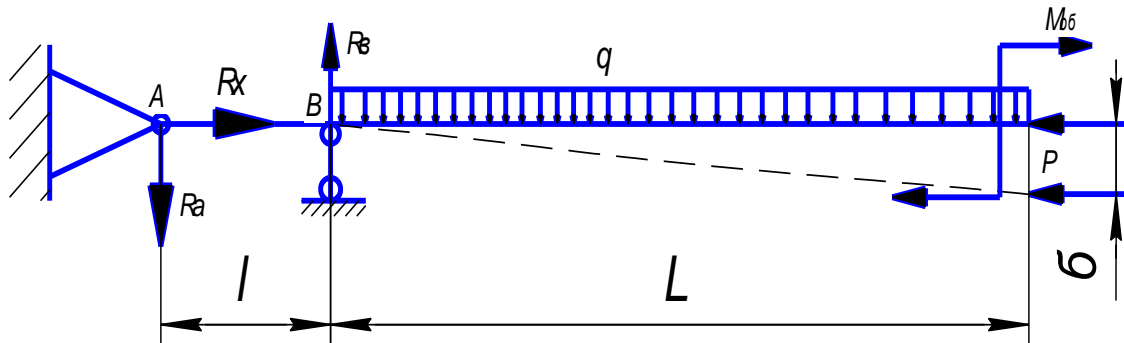


Рисунок 4.2. Схема сил, що діють на черв'як

Розрахунок проведено згідно [20].

На черв'як діє осьове зусилля, яке виникає у гвинтовому каналі черв'яка, та зусилля, що виникає при видавлюванні перед головкою.

Крутний момент, який діє на черв'як:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 37}{160} = 2208 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для визначення розрахункової схеми перевіримо черв'як на гнучкість:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{I},$$

де λ - гнучкість черв'яка;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 РР

Арк.

59

$\mu = 2$ – коефіцієнт, який залежить від способу закріплення кінців валу [19 стр. 272].

I - радіус інерції перерізу черв'яка, який визначається за формулою:

$$I = \sqrt{\left(\frac{I_{\min}}{F}\right)},$$

де I_{\min} - момент інерції поперечного перерізу черв'яка, визначений за формулою:

$$I_{\min} = \frac{\pi \cdot (D_{\min}^4 - D_{\text{омс}}^4)}{64} = \frac{3,14 \cdot (0,046^4 - 0,022^4)}{64} = 0,000000208 \text{ м}^4 = 0,208 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

де F - площа поперечного перерізу черв'яка, визначена за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot (D_{\min}^2 - D_{\text{омс}}^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,046^2 - 0,022^2)}{4} = 0,00128 \text{ м}^2$$

Знаходимо радіус інерції:

$$I = \sqrt{\left(\frac{I_{\min}}{F}\right)} = \sqrt{\left(\frac{0,208 \cdot 10^{-6}}{0,00128}\right)} = 0,0127 \text{ м}$$

Гнучкість черв'яка:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{I} = \frac{2 \cdot 1,56}{0,0127} = 244$$

Критична сила:

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{4 \cdot L^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 20,8}{4 \cdot 1,56^2} = 44240 \text{ Н}$$

Отже, $P_{kp} > P$

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$N_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_p \cdot \left(\frac{k_{\tau}}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} + \zeta_{\tau}\right)},$$

де $\tau_p = 5,84 \cdot 10^7$ Па - розрахункове напруження кручення, визначене за формулою:

$$\tau_p = \frac{M_{kp}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{2,208 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,89 \cdot 10^{-5}} = 5,84 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де W_{ro} – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з врахуванням жорсткості витків:

$$W_{ro} = 2 \cdot \frac{I_{\min}}{R} = 2 \cdot \frac{2,08 \cdot 10^{-7}}{0,022} = 1,89 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$I_{\min} = 2,08 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ - момент інерції поперечного перерізу черв'яка, визначений.

$$\frac{270 \cdot 10^6}{5,84 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,52} + 0,05 \right)} = 1,125$$

Запас міцності $n_t = 1,125$ найбільш слабкого перерізу черв'яка задовольняє.

Максимальний згинаючий момент:

$$M_{\max} = \frac{Q_1 \cdot L^2}{2} = \frac{Q \cdot L}{2} = \frac{38 \cdot 1,755}{2} = 66,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору перерізу черв'яка по сердечнику:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - D_1^4)}{32 \cdot D} = \frac{3,14 \cdot (0,046^4 - 0,0022^4)}{32 \cdot 0,046} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруження згину:

$$\sigma_u = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{66,7}{9 \cdot 10^{-6}} = 73,7 \text{ МПа}$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{екв} = \sigma_{сж} + \sigma_u = 73,7 + 33,4 = 107 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{екв} < [\sigma]_p$$

$$107 \text{ МПа} < 200 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується. Черв'як з даною геометрією підходить за міцністю та стійкістю.

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

2.2.2 Розрахунок тиску, який розвиває черв'як

Мета: визначити тиск, який розвиває черв'як.

Вихідні дані:

Встановлена потужність

$$N = 37 \text{ кВт},$$

Максимальне число обертів черв'яка

$$N_1 = 160 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Зовнішній діаметр черв'яка

$$D = 0,063 \text{ м},$$

Внутрішній діаметр черв'яка

$$D_e = 0,057 \text{ м},$$

К.К.Д. приводу преса ЧП-63

$$\eta = 0,8$$

Розрахунок проведено згідно [19].

Осьове зусилля, яке виникає у гвинтовому каналі черв'яка, визначається за формулою:

$$P_z = \frac{91700 \cdot N \cdot \eta}{N_1 \cdot R_0 \cdot \text{tg}(\alpha + \rho)} = \frac{91700 \cdot 37 \cdot 0,8}{160 \cdot 3 \cdot \text{tg}(16^\circ 52' + 36^\circ)} = 15800 \text{ Н},$$

де R_0 - середній радіус витка в зоні видавлення і визначається за формулою:

$$R_0 = \frac{D + D_e}{4} = \frac{0,063 + 0,057}{4} = 0,03 \text{ м},$$

$\alpha = 16^\circ 52'$ - кут підйому витка в зоні дозування,

$\rho = 36^\circ$ - кут тертя розплаву.

Питомий тиск, який розвиває черв'як:

$$P = \frac{P_z}{F} = \frac{P_z}{\pi \cdot (R^2 - R_e^2)} = \frac{15800}{3,14 \cdot (0,0315^2 - 0,0285^2)} = 28 \text{ МПа},$$

де $R = 0,0315 \text{ м}$ - зовнішній радіус витків черв'яка,

$R_e = 0,0285 \text{ м}$ - внутрішній радіус витків черв'яка.

Приймаємо розрахунковий тиск рівним $P = 28 \text{ МПа}$.

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

2.3. Розрахунок продуктивності зони завантаження одношнекового екструдера

Основне твердження при аналізі роботи зони полягає у тому, що тверді частинки полімеру, ущільнюючись, утворюють еластичну пробку, у якій відсутні деформації зсуву. На цю пробку діють сили тертя, які виникають між поверхнями пробки, циліндру та шнеку. Різні дослідники пропонували свої формули для розрахунку зони завантаження одношнекового екструдера [22]. Найбільш точною є формула В.А. Сіліна для випадку нерівності коефіцієнтів тертя о поверхню шнеку f_s та матеріального циліндра(корпусу):

$$G = \frac{\pi(D^2 - d^2) \cdot (t - e) \cdot 60 \cdot N \cdot \rho \cdot \psi}{8 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{\cos \alpha_D \cdot \cos(\mu_D + (90 - \beta))}{\left(\frac{1+t}{\pi D}\right) \cdot \cos(90 - \beta)} + \frac{\cos(\alpha \mu_d + (90 - \beta))}{(1+k) \cdot \cos(90 - \beta)} \right)$$

Де G – масова продуктивність зони завантаження,
 D – зовнішній діаметр шнека,
 d – внутрішній діаметр сердечника шнека,
 N – частота обертання шнека,
 t – шаг нарізки шнеку по зовнішньому діаметру,
 e – ширина гребня нарізки шнека вздовж його осі,
 ρ – насипна маса полімеру,
 ψ – коефіцієнт заповнення гвинтового каналу в зоні завантаження,
 μ_D – кут підйому гвинтової лінії по зовнішньому діаметру шнеку у зоні завантаження,
 μ_d – кут підйому гвинтової лінії по діаметру сердечника у зоні завантаження
 $(90 - \beta)$ – кут направлення руху пробки матеріалу відносно площини, перпендикулярної осі шнека і циліндра,
 k – відношення коефіцієнтів тертя полімеру об поверхню циліндру і шнеку.

Розрахуємо кут μ_D гвинтової лінії по зовнішньому діаметру шнеку у зоні завантаження

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		63

$$\mu_D = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi \cdot D_3} = \operatorname{arctg} \frac{63}{3,14 \cdot 57} = 19^\circ$$

Розрахуємо кут підйому α_d гвинтової лінії по діаметру сердечника у зоні завантаження:

$$\mu_d = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi \cdot d_3} = \operatorname{arctg} \frac{63}{3,14 \cdot 46} = 23^\circ$$

Розрахуємо коефіцієнт k , відношення коефіцієнтів тертя полімеру об поверхню циліндру і шнеку:

$$k = \frac{\phi}{\theta} = \frac{0,0366}{0,0111} = 0,32$$

Кут направлення руху пробки матеріалу відносно площини, перпендикулярної осі шнека і циліндра ($90 - \beta$) зі збільшенням тиску у кінці зони завантаження приводить до збільшення до зменшення кута з 25° до 20° . Завдяки цьому можна досягти збільшення продуктивності продуктивності майже у два рази.

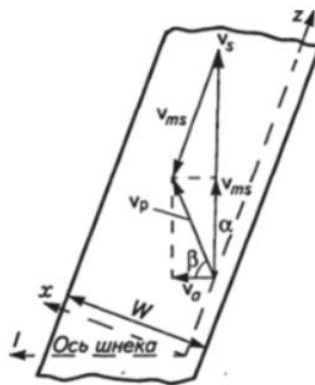


Рис 4.4. Векторна діаграма швидкості руху гранул у гвинтовому каналі одношнекового екструдера

Зменшення кута β , без умовно, збільшує продуктивність зони завантаження одношнекового екструдера досягається також за допомогою придання внутрішній поверхні циліндра у вказаній зоні спеціальної форми. Очевидно, що при $\beta = 0$ буде спостерігатися найбільш максимальна швидкість руху гранул полімеру, тобто продуктивності. На практиці це досягається тим, що в внутрішній порожнині

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		64

циліндра (по напрямку утворюючих) як можна більшого числа пазів з мінімально допустимою кількістю перемичок між пазами. У нашому випадку $(90 - \beta) = 23^\circ$

Розрахуємо G , масову продуктивність у зоні завантаження:

$$G = \frac{3,14 \cdot (0,0057^2 \cdot 0,046^2) \cdot 60 \cdot 160 \cdot 0,95}{8 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{\cos 19^\circ \cdot \cos(19^\circ + 23^\circ)}{\left(\frac{1 + 0,0063}{3,14 \cdot 0,057}\right)} + \frac{\cos(19^\circ + 23^\circ)}{(1 + k) \cdot \cos 23^\circ} \right) = 2,93 \frac{\text{кг} \cdot \text{об}}{\text{м}^3 \cdot \text{хв}}$$

Для розрахунку об'ємної продуктивності циліндру з прямокутними пазами Q , використаємо наступну формулу:

$$Q = (\pi \cdot (D - h) \cdot h \cdot \frac{t-e}{t} + i \cdot B \cdot h) \cdot N \cdot \frac{D}{2} \cdot \frac{tg \mu_D \cdot tg(90-\beta)}{tg \mu_d + tg(90-\beta)},$$

$$Q = \left(3,14 \cdot (0,057 - 0,00852) \cdot 0,0852 \cdot \frac{0,063 - 0,0063}{0,063} + 4 \cdot 0,0556 \cdot 0,00852 \right) \cdot 160 \cdot \frac{0,057}{2} \cdot \frac{tg 19^\circ \cdot tg 23^\circ}{tg 23^\circ + tg 23^\circ} = 9,852 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Де i, B, h – відповідно число, ширина і глибина пазів у внутрішній поверхні матеріального циліндра у зоні завантаження.

Провівши розрахунок у FORTRAN формулу Сіліна отримали графіки залежності при різних конструктивах корпусу K (Додаток XX)

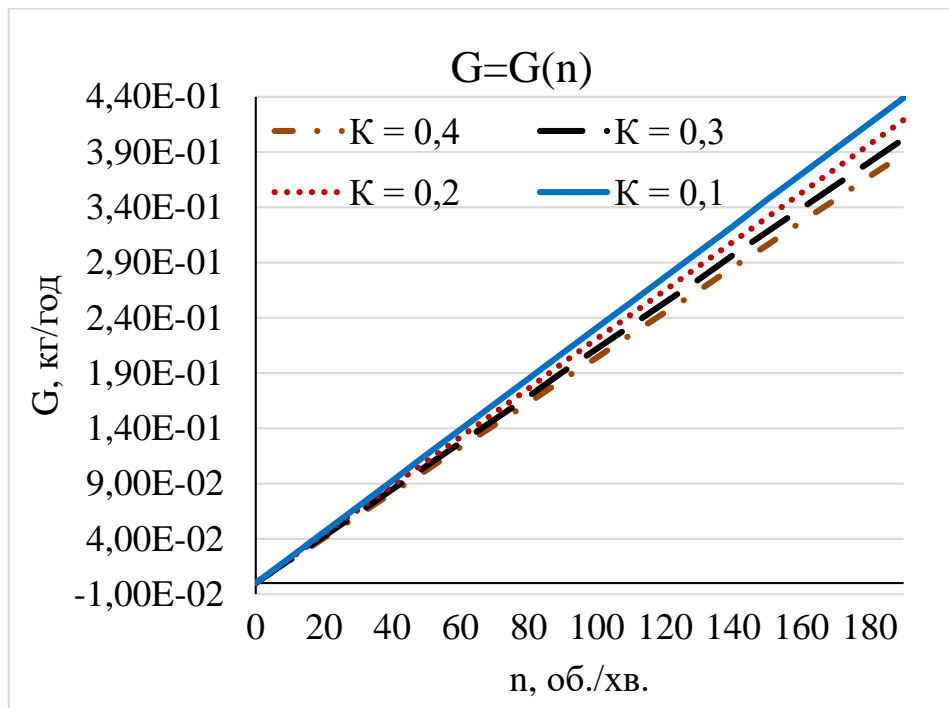


Рисунок 4.3 Залежність масової продуктивності від кількості обертів

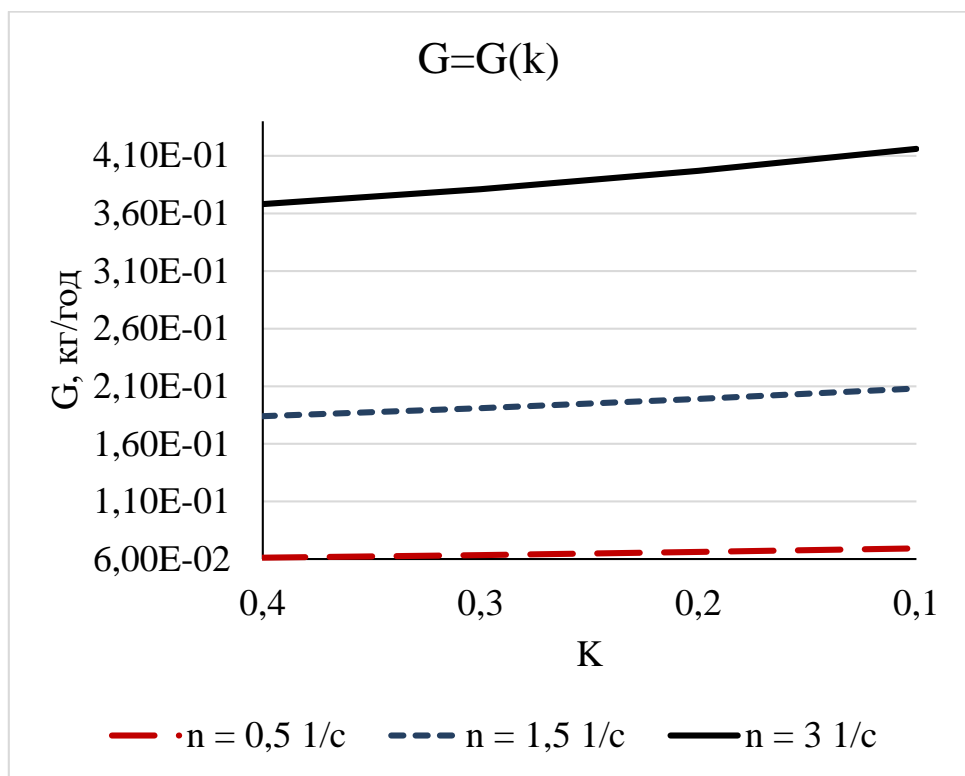


Рисунок 4.4 Залежність масової продуктивності від конструктивності корпусу

2.4 Тепловий розрахунок

Мета: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном $N = 37 \text{ кВт}$,

Продуктивність по пластифікованого ПВХ $G_M = 100 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$,

Початкова температура матеріалу $T_{II} = 20^\circ \text{C}$,

Кінцева температура матеріалу $T_K = 180^\circ \text{C}$,

Температура поверхні кожуха $T_{КОЖ} = 45^\circ \text{C}$,

Температура повітря $T_B = 20^\circ \text{C}$,

Ширина теплообмінної поверхні $B = 0,23 \text{ м}$,

Довжина теплообмінної поверхні $L = 1,382 \text{ м}$

К.К.Д. приводу преса $\eta_1 = 0,6$

К.К.Д. електродвигуна. $\eta_2 = 0,9$

Розрахунок проведено згідно з [23]

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{II}) + Q_{втр},$$

де Q_N - кількість тепла, яке виділяється при використанні потужності і визначене:

$$Q_N = 860 \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 860 \cdot 37 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 17183 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 71996 \frac{\text{кДж}}{\text{год}},$$

$Q_{втр}$ - втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{втр} = Q_K + Q_{внтр},$$

де Q_K - втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{КОЖ} - T_B),$$

де F - теплообмінна поверхня преса:

$$F = B \cdot L = 0,23 \cdot 1,382 = 0,318 \text{ м}^2$$

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		67

α_K - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{H}$$

Nu - критерій Нуссельта,

λ_M - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n,$$

де Gr - критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2},$$

Розрахункова температура:

$$T_P = \frac{T_{КОЖ} + T_B}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32,5^\circ C$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:

$$\lambda_m = 9,6 \frac{Дж}{м \cdot год \cdot ^\circ C} - \text{коефіцієнт теплопровідності,}$$

$$\nu_m = 16,48 \cdot 10^{-6} \frac{м^2}{с} - \text{коефіцієнт кінематичної в'язкості,}$$

$$Pr = 0,3 - \text{критерій Прандтля}$$

За формулою (1.40) знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,23^3 \cdot 9,8 \cdot 10^{12}}{16,48^2} \cdot (45 - 20) = 35,85 \cdot 10^6$$

Добуток $Gr \cdot Pr$:

$$Gr \cdot Pr = (35,85 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 25,09 \cdot 10^6$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою (1.39) :

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n = 0,54 \cdot (25,09 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 38,22$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою (1.38):

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		68

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{H} = \frac{38,22 \cdot 0,0023}{0,23} = 14,3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою (1.37):

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{КОЖ}} - T_B) = 3,84 \cdot 0,318 \cdot (45 - 20) = 129240 \frac{\text{Дж}}{\text{год}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 4,9 \cdot E \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 4,9 \cdot 0,6 \cdot 0,318^2 \cdot \left(\left(\frac{306,5}{100} \right)^4 + \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 54,3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{год}}$$

де $E = 0,6$ - степінь чорноти матеріала кожуха,

$T_1 = 306,5^\circ\text{C}$ - абсолютна температура кожуха,

$T_2 = 293^\circ\text{C}$ - абсолютна температура оточуючого середовища,

Втрати тепла в оточуюче середовище визначаємо за формулою (1.36):

$$Q_{\text{випр}} = Q_K + Q_{\text{випр}} = (129,4 + 54,3) \cdot 10^3 = 183,7 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{год}},$$

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{Q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{II}) + Q_{\text{випр}} - Q_N = (100 \cdot 2,3 \cdot (180 - 20) + 183,7 - 71996) \cdot 10^3 = 36179 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{год}}$$

Для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 10 індукційних нагрівників типу ІОТ – 15 потужністю 1,5 кВт.

					ЛП61-1.087243.000-70 РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		69

РОЗДІЛ 3
ТЕХНОЛІГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.1. Технологія виготовлення деталі

3.2. Опис та призначення деталі

Відсутність складального креслення вузла, в який входить Вал і даних про службове призначення виробу ускладнює точне визначення призначення деталі. Але, розглядаючи її конфігурацію і габарити, можна передбачити, що Вал є деталлю середнього машинобудування.

Валу машинобудуванні - обертова деталь машини, що передає крутний момент, може бути частішої диференціального (планетарного) редуктора.

Деталь виготовляється з сталі 45х. яка використовується для виготовлення відповідальних деталей.

3.3. Вибір заготовки і її техніко–економічне обґрунтування для виготовлення деталі

Знаючи тип виробництва, матеріал деталі і її конфігурацію, можна використати для одержання заготовки метод штамповки на кривошипно-шатунному гарячо-штампувальному пресі з виштовхувачем, що забезпечує Т4 клас точності штамповки відповідно до ГОСТу 7505-89.

Аналіз технологічності конструкції деталі "Вал" дозволяє зробити наступні висновки:

- Конструкція відрізняється високою жорсткістю і допускає високі режими різання і широке використання підвищених режимів різання;
- Конструкція деталі "Вал" забезпечує вільний доступ ріжучого і вимірювального інструмента до оброблюваної поверхні.
- Всі оброблювані поверхні і отвори, або паралельні, або розташовані під прямим кутом один до одного;
- Більшість поверхонь і отворів можна обробити стандартним інструментом.

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції деталі робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати штамповану заготовку.

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Якість і вартість штампованих заготовок в основному залежать від способу їх виготовлення.

Враховуючи розміри і матеріал деталі, невисокі вимоги до якості штамповок, можна застосувати штамповку на ГKM

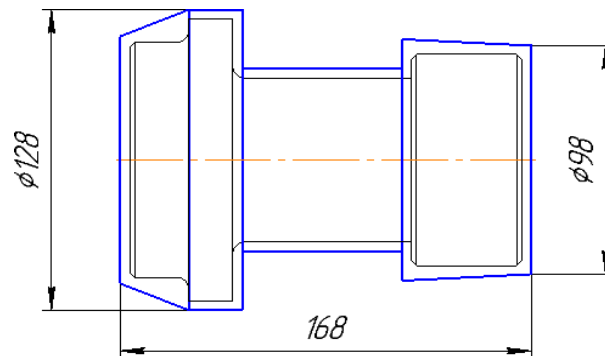


Рис.2 – Заготовка деталі

Вибір типового технологічного процесу і типових схем обробки поверхонь

Деталь Вал віднесена до класу «круглі стрижні», тому технологічний процес її обробки містить наступні операції:

- фрезерування торців деталі та центрування з обох сторін;
- чорнова і чистова обробка зовнішніх поверхонь обертання та прилеглих торців;
- зняття фасок та точіння канавок

3.4 Технологічний процес виготовлення деталі

Послідовність операцій:

Операція 005. Фрезерно–центрувальна

1. Фрезерувати торці, витримуючи розмір 160.
2. Центрувати одночасно з двох сторін, витримаючи розміри центровочних отворів.

Операція 010: Токарна

1. Точити Ø90g6 начорно, начисто.
2. Підрізати торець Ø90g6.
3. Зняти фаски 2x45°.
4. Точити Ø70 начорно, начисто.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ

Арк.
71

Операція 015: Токарна

1. Точити Ø100f7 начорно, начисто.
2. Точити канавку 3 мм;
3. Підрізати торець Ø100f7;
4. Зняти фаску 2x45°.
5. Точити Ø120 начорно, начисто.
6. Підрізати торець Ø120.

Операція 020: Шліфувальна

1. Шліфувати поверхні Ø 100f7 та Ø 90g6

Операція 025: Термообробка

1. Закалити заготовку.

3.5. Вибір та розрахунок, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів

Для середньосерійного виробництва підбирають високопродуктивне універсальне та спеціалізоване устаткування, орієнтуючись на відповідність основних розмірів робочих органів верстата габаритним розмірам оброблюваної заготовки і досягнення необхідної точності, а також на використання мінімальної кількості різних моделей верстатів.

Операції 005. Фрезерно–центрувальна

Виконують її на фрезерно–центрувальному верстаті EM535M, що Призначений для різноманітних токарних робіт по обробки деталей з чавуну і сталі різцями зі швидкорізальної сталі або оснащеними пластинками твердого сплаву.

Технические характеристики EM535M

Серия

Диаметр заготовки, мм , min/мах 100

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Діаметр заготовки при центровке/при подрезке торцев, мм	250
Длина детали max/min, мм	1000
Суммарная мощн. установленных эл/двиг., кВт	10
Пределы частоты вращения шпинделя Min об/мин	100
Пределы частоты вращения шпинделя Max об/мин	2000
Класс точности станка по ГОСТ 8–82, (Н,П,В,А,С)	Н
Число инструментов в магазине	4
Габариты станка Длинна Ширина Высота (мм)	3200_2160_2400
Масса	8000

Операції 010, 015 Токарна

Виконують її на токарно–гвинторізному верстаті моделі 16К20 з такими характеристиками : найбільший діаметр обробки над станиною – 400 мм, відстань між центрами – 710; 1000; 1400; 2000 мм, найбільший розмір оброблюваної заготовки над супортом – 220 мм, найбільший діаметр оброблюваного прутка – 50 мм, кількість ступенів частоти обертання шпинделя – 24, частота обертання шпинделя – $12,5 \dots 1600 \text{ хв}^{-1}$, кінець шпинделя 1–6К по ГОСТ 12595–72, найбільший переріз різця різцетримача супорта 25*25 мм, число ступенів подачі: поздовжніх – 22, поперечних – 24, подача на один оберт шпинделя: поздовжніх – 0,05...2,8 мм/об, поперечних – 0,025...1,4 мм/об, потужність електродвигуна – 10 кВт, габарити станка – 2505'1190 мм, категорія ремонтної складності – 19.

3.6. Вибір пристосування конструкції та принцип дії.

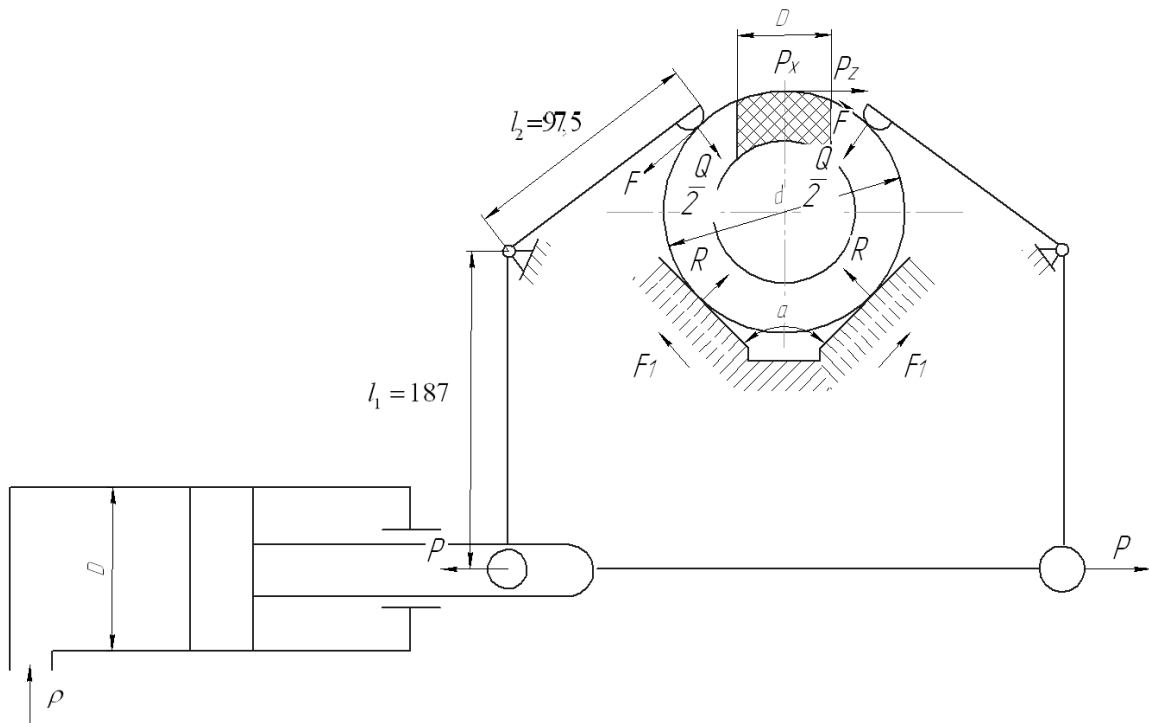
Для закріплення заготовки використовується зажимний механізм. В зажимних механізмах зазвичай використовують пневматичні, гідравлічні і змішані типи приводів.

Пневматичний привід при своїй простоті і зручності експлуатації має ряд недоліків: перше, повітря зжимаєм і при перемінних навантаженнях пневмопривід не забезпечує достатньої жорсткості закріплення. Друге, даний вид привода розвиває менші зусилля, ніж гідропривід; і по третє, із-за миттєвого пуску пневмопривіда

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		73

прижим буде різко битись по деталі, що негативно позначеться і на заготовці, і на затисному механізмі, і на умовах праці робочого. Відповідно, в нашому пристосуванні використаємо гідравлічний привід.

Складемо схему затисного механізму



Необхідну силу закріплення Q заготовки обраховуємо по формулі:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2}$$

де Q_{P_z} – необхідна сила закріплення заготовки при врахуванні сили різання P_z , створююча момент різання;

Q_{P_x} – необхідна сила закріплення заготовки при врахуванні сили різання P_x , зміщуючи заготовку в напрямку подачі.

Силу Q_{P_z} и Q_{P_x} знаходимо із умови статичної рівноваги заготовки, що знаходиться під дією моментів сил P_z , P_x , F и F_1 .

$$-\frac{P_z d}{2} + \frac{(2F + 2F_1)d}{2} = 0; \quad -P_x + 2(F + F_1) = 0$$

Так как $F = \left(\frac{Q}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi$; $F_1 = R \operatorname{tg} \varphi_1$; $R = \frac{Q}{2}$; $\operatorname{tg} \varphi = f$; $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$, то з

урахуванням коефіцієнта запаса

$$Q_{P_z} = \frac{K_3 P_z}{(f + f_1)}$$

Аналогічно отримаємо

$$Q_{P_x} = \frac{K_3 P_x}{f + f_1}$$

Повна сила закріплення заготовки:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2} = \sqrt{\left(\frac{K_3 P_z}{(f + f_1)}\right)^2 + \left(\frac{K_3 P_x}{(f + f_1)}\right)^2}$$

Приймаємо по таб. 3 [10 стр. 384] $f = f_1 = 0,16$ – коефіцієнти тертя в місцях контакту заготовки з опорами і затисним механізмом відповідно.

В свою чергу коефіцієнт запаса, уточнюючий нестабільність силових впливів на заготовку, знаходимо по формулі:

$$K_3 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$$

де

$K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запаса;

$K_1 = 1$ – коефіцієнт, уточнюючий вид технологічної бази;

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт, уточнюючий збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструмента;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, уточнюючий переливність різання;

$K_4 = 1$ – коефіцієнт, характеризуючий постійність сили розвиненої затисним механізмом.

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, характеризуючий ергономіку затисного механізму.

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, характеризуючий установку заготовки.

$$K_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$$

Так як в результаті розрахунку $K_3 < 2,5$, то приймаємо $K_3 = 2,5$.

$$Q_{P_z} = \frac{2,5 \cdot 52}{0,32} = 406,25 \text{ Н}$$

$$Q_{P_x} = \frac{2,5 \cdot 28,6}{0,32} = 223,44 \text{ Н}$$

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Q = \sqrt{406,25^2 + 223,44^2} = 463,64 \text{ Н}$$

Із умови статичної рівноваги прихватів $\frac{Q}{2} = Pl_1/l_2$.

Сила P силового циліндра, необхідна для закріплення заготовки, дорівнює $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta$, тоді діаметр поршня циліндра D може бути розрахований по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{2Ql_2}{\pi \eta \rho l_1}}$$

Обраховуючи це рівняння відносно D , отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4Ql_2}{\pi \eta \rho l_1}}$$

де ρ – робочий тиск масла, приймаємо 1 МПа;

$\eta = 0,9$ – КПД.

Знаходимо діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 463,64 \cdot 97,5}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 187}} = 185 \text{ мм}$$

В якості привода фрезерного пристосування вибираємо гідроциліндр по ГОСТ 19899-74 з діаметром поршня 190 мм.

Т.я. дійсна сила затиску $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta = 11039 \text{ Н}$ приває необхідну силу закріплення $Q = 463,64 \text{ Н}$ заготовки, то розрахунок виконано вірно.

.

3.7 Розрахунок сил закріплення

Вихідні дані: оброблюваний матеріал - сталь 40Х: обладнання - токарно-гвинторізний верстат 16К20. інструмент - токарний різець з пластиною із твердого сплаву Т15К6.

Глибина різання: $t = 1.84 \text{ мм}$;

Подача: $S=1.2 \text{ мм/об}$, призначаємо за довідниковим даними.

1) Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v$$

де T – період стійкості різця; приймаємо $T = 60 \text{ хв}$.

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

t – глибина різання, мм; S – подача, мм/об;

$C_v = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – коефіцієнти, що залежать від типу обробки;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv},$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, враховуючий вплив матеріалу заготовки,

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{1,75} = 1,48, \text{ де } K_{\Gamma} = 1; n_v = 1,75;$$

$K_{Пv}$ – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні, $K_{Пv1} = 0,75$ $K_{Пv2} = K_{Пv3} = 1$;

$K_{Иv}$ – коефіцієнт, враховуючий матеріал інструмента, $K_{Иv} = 1$.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 1,48 \cdot 0,75 \cdot 1 = 1,11$$

Остаточно:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,84^{0,15} \cdot 1,2^{0,2}} \cdot 1,11 = 146 \text{ м/хв.}$$

2) Розрахункове значення частоти обертання шпінделя, яке допускається стійкістю різця:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 89,966} = 518 \text{ об/хв.}$$

З найближчих наявних на верстаті призначаємо $n_{\phi} = 500$ об/хв.

4) Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89,966 \cdot 500}{1000} = 141 \text{ м/хв.}$$

3) Хвилинна подача: $S_m = S \cdot n = 1,2 \cdot 500 = 600$ мм/хв.

4) Головна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_{\phi}^n \cdot K_p$$

де $C_p = 204$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = 0$ – коефіцієнти, що залежать від умов роботи;
 K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу;

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		77

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,6.$$

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{\tau p}$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту, $K_{\phi p} = 1$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{\tau p} = 1,04$;

$$K_p = 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 = 0,62.$$

$$P_{z1} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_{\phi 1}^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,84^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 141^0 \cdot 0,62 = 2668 \text{ Н};$$

5) Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2668 \cdot 141}{1020 \cdot 60} = 6,16 \text{ кВт},$$

6) Основний час обробки:

$$T_o = \frac{L}{S_m} = \frac{35}{1140} = 0,03 \text{ хв.}$$

7) Знаходимо окружну силу при фрезеруванні по формулі:

$$P_z = \frac{P_{z1}}{D^q \cdot n^w} \cdot K = \frac{2668}{90^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 0,93 = 52 \text{ Н}$$

Величини інших складових сили різання знайдемо через окружну силу.

Горизонтальна сила (подачі) $P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 52 = 20,8 \text{ Н.}$

Вертикальна сила $P_v = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 52 = 46,8 \text{ Н.}$

Радіальна сила $P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 52 = 20,8 \text{ Н.}$

Осьова сила $P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 52 = 28,6 \text{ Н.}$

					ЛП61-1.087243.000-70 ТЕ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розглянуто та проведено модернізацію лінії для виготовлення труб. На протязі усієї роботи було виконано наступне:

- Було детально розглянуто базову конструкцію та принцип дії;
- Завдяки цьому, ця інформація, була застосована для вибору модернізації
- Проведено літературно-патентний огляд. Під час нього було розглянуто різноманітні конструктивні рішення для лінії, які мають відношення до неї. У результаті були вибрані модернізації які дозволили б покращити роботу машини та повністю обґрунтували їх суть модернізації. У базову конструкцію було внесено наступна модернізація – модернізований черв'як.
- Проведено ознайомлення з законодавством щодо існуючих норм та стандартів, які мають відношення до охорони праці, захисту навколишнього середовища.

Отже розроблена машина є повністю працездатною і більш вигідною для її використання. Вдосконалена конструкція дозволяє отримувати більш якісну продукцію за рахунок впровадження змін. У той же час відбулось підвищення продуктивності лінії та підвищення ефективності використання перероблюваного матеріалу, тобто зменшення відходів виробництва.

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЛІТЕРАТУРА

1. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. - М.: Машиностроение, 1972. - С. 233, рис. 105)
2. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. - М.: Машиностроение, 1972. - С.222-230
3. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартрович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. - М.: Химия, 1986. - С. 196, рис. 4.36
4. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс. Принцип действия конструирования и эксплуатации;. - Л.: Госхимиздат, 1962. - С. 49,
5. Патент Україна Авторське свідоцтво UA №102908U (2015). Автори: Мікульонок Ігор Олегович , Івіцький Ігор Ігорович, Сокольський Олександр Леонідович. Черв'як екструдера
6. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей. - М.: Машиностроение, 1965. - С. 209,
7. Патент Україна Авторське UA №120674U (2017). Автори: Мікульонок Ігор Олегович, Івіцький Ігор Ігорович, Сокольський Олександр Леонідович, Сідоров Дмитро Едуардович. Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів
8. Патент Україна Авторське свідоцтво UA №3799U (2004) Автори: Мікульонок Ігор Олегович. Черв'як еструдера для переробки матеріалів.
9. Патент Україна Авторське свідоцтво: UA №66668U(2012) Автор: Автори: Мікульонок Ігор Олегович, Войцехов Євгенія Миколаївна, Рудакова Вероніка Андріївна. Система охолодження черв'яка екструдера
10. Патент Україна. Авторське свідоцтво UA №102098U (2015). Автори: Мікульонок Ігор Олегович , Івіцький Ігор Ігорович, Сокольський Олександр Леонідович, Сівецький Володимир Іванович, Куриленко Валерій Миколайович, Романюк Вадим Вікторович. Черв'ячний екструдер

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

11. Патент Росія Авторське свідоцтво RU №2626208C1 (2016). Автори: Сідоров Вячеслав Ніколаєвич, Цимбалюк Олександр Дмитрович. Змішувач
12. Патент Росія Авторське свідоцтво RU №2626208C1 (2016) Автори: Невзоров Віктор Ніколайович, Холопов Володимир Ніколайович, Безязиков Денис Сергійович, Янова Марина Анатольєвна. Шнековий Екструдер.
13. Патент Україна Авторське свідоцтво UA №12597 U (2016) Автори: Потапов Володимир Олексійович, Білий Дмитро Володимирович. Одношнековий екструдер для виробництва полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм.
14. Патент СРСР Авторське свідоцтво SU №1680525 A1 (2016) Автори: В.І.Сівецький, С.О. Пристайлов, В.С.Рахманов, Д.Е.Сідоров, В. Л. Яічко. Модернізація шнека.
15. Щербина В.Ю., Дегодя Т. В., Новохатська Ю.М. "Підвищення ресурсу роботи бандажів обертових печей". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2016. N 1. С. 110-116 DOI: 10.20535/2306-1626.1.2016.77978
16. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. Червячні машини для переробки пластичних мас і гумових сумішей, М.Машинобудування, 1965 – 345 с
17. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. Змішувальні машини для пластмас і гумових сумішей, М. Машинобудування, 1972 – 272 с.
18. В.І. Анурьев. Довідник конструктора – машинобудівника, т.1, М. Машинобудування, 1976.
19. Сокольський О.Л., Сімончук Є.П. "Моделювання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. N 1. С. 119-126. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171203](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171203).
20. Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Івіцький І. І., Куриленко В.М. "Перспективи створення й використання інтелектуальних виробів із наномодифікованих полімерних композитів". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря*

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2017. N 1. С. 7-14. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2017.119417](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2017.119417).

21. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни „Технологія машинобудування” для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. Л. Шестаков) – К.: КПІ, 1996. – 78 с.
22. Щербина В.Ю., Чемерис А.О., Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 38 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>
23. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 656 с.
24. Сідоров Д.Е., Колосов О.Є., Гур’єва А.О.. "Оцінювання геометричних параметрів пет-виробів у процесі формування," *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2017. N 1. С. 43-48. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2017.119469](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2017.119469)*
25. Справочник приспособления: Справочник. В 2-х томах. Под ред. Б.Н. Вардашкина, Т2 : М.: Машиностроение. 1984г. – 656 с.
26. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
27. Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Олексишен В.О.. "Моделювання течії розплавів полімерів за наявності низьков’язкого пристінного шару". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 35-40. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171033](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171033).*

					ЛП61-1.087243.000-70 ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Додаток 1

Таблиця розглянутих патентів

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Сутність заявленого технологічного рішення і ціль його створення
1	Черв'як екструдера для переробки матеріалів	Патент на винахід UA3799U Мікульоник Ігор Олегович	В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалення черв'яка екструдера для переробки матеріалів, в якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання розмірів міжвиткового простору, а отже і розширяє технологічні можливості черв'яка за рахунок переробки широкого класу матеріалів. Черв'як екструдера для переробки матеріалів, що містить осердя з розташованим на ньому по гвинтовій лінії гребенем, який відрізняється тим, що осердя має щонайменше одну ділянку із закріпленою на ньому в один або декілька шарів стрічкою.
2	Система охолодження черв'яка екструдера	Патент на корисну модель UA66668U Мікульоник Ігор Олегович	В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити систему охолодження черв'яка екструдера, у якій її нове конструктивне виконання забезпечує підведення свіжої охолоджувальної рідини по всій довжині порожнини черв'яка, що підвищує рівномірність, інтенсивність та ефективність охолодження черв'яка. Система охолодження черв'яка екструдера, що містить порожнистий вал з послідовно розташованими хвостовиком, спорядженою гвинтовою нарізкою ділянкою, наконечником, а також розміщену в порожнині вала трубу для підведення охолоджувальної рідини, яка відрізняється тим, що в порожнині вала розміщено трубу для відведення охолоджувальної рідини, при цьому труби для підведення й відведення охолоджувальної рідини виконано перфорованими.
3	Черв'ячний екструдер	Патент на корисну модель UA102098U Мікульоник Ігор Олегович Івіцький Ігор Ігорович Сокольський Олександр Леонідович Сівецький Володимир Іванович	В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення черв'ячного екструдера, у якому нове виконання приводу секційного черв'яка забезпечує розвантаження найбільш навантаженої хвостової частини черв'яка, а отже й більш стабільні умови перероблення вторинної полімерної сировини з високим ступенем розпученості за рахунок забезпечення можливостей незалежної зміни швидкостей обертання обох секцій черв'яка, що розширює технологічні можливості екструдера. Черв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщений у ньому з можливістю обертання черв'як, оснащений вузлом опорного підшипника й виконаний по довжині із двох секцій, причому секцію черв'яка з боку завантажувального отвору виконано більшого діаметра і з можливістю поздовжнього руху відносно секції черв'яка з боку

			розвантажувального отвору, який відрізняється тим, що секцію черв'яка з боку завантажувального отвору оснащена незалежним приводом обертання.
4	Черв'як екструдера	Патент на корисну модель UA102908U Мікульонок Ігор Олегович Івіцький Ігор Ігорович Сокольський Олександр Леонідович	В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалити черв'як екструдера, у якому нове конструктивне виконання його наконечника забезпечує ефективне згладжування пульсацій потоку розплаву значної величини в широкому діапазоні як їх величин, так і швидкості змінювання, а отже й одержання продукції зі стабільними розмірами й формою. Черв'як екструдера, що містить вал з послідовно розташованими хвостовиком, робочою зоною з гвинтовою нарізкою, а також наконечником, спорядженим пружним елементом і встановленим з можливістю зворотно-поступального руху в осьовому отворі вала, який відрізняється тим, що наконечник з боку хвостовика вала споряджено штоком з розташованим на його кінці поршнем, при цьому ділянка осьового отвору вала між наконечником і поршнем заповнено в'язкою рідиною, а в осьовому отворі вала на зазначеній ділянці закріплено нерухому дросельну шайбу.
5	Змішувач шнековий	Патент на винахід UA108259U Воячко Анатолій Іванович Воячко Андрій Анатолійович Скримська Лілія Вікторівна Іщенко Єфим Сергійович	В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення змішувача шляхом встановлення привідних шнеків з різним кроком спіральних поверхонь і виконання змішувальної поверхні перфорованою. Змішувач шнековий, що включає корпус, змішувальний пристрій, завантажувальний та вивантажувальний пристрої, який відрізняється тим, що змішувальний пристрій виконано у вигляді спіральних шнеків, які обертаються в одному напрямку, причому один шнек має більший крок спіральної поверхні, ніж інший, і робоча зона цього шнека має на один крок менше, ніж іншого шнека, і зв'язані залежностями $p_2 = k \cdot p_1$; $k = z_1 / (z_1 - 1)$, де p_1, p_2 - кроки спіралей відповідно першого і другого шнеків; z_1 - кількість кроків p_1 в робочій зоні першого шнека, а спіральна поверхня другого шнека має отвори, діаметр яких зменшується від центра спіральної поверхні до її периферії.
6	Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів	Патент на корисну модель UA120674U Мікульонок Ігор Олегович Івіцький Ігор Ігорович Сокольський Олександр Леонідович Сідоров Дмитро Едуардович	В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення продуктивності екструдера за рахунок зменшення зворотного потоку розплаву. Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів, стискання і дозування, який відрізняється тим, що по гребеню дозування або по всій довжині шнека виконана щонайменше одна гвинтова канавка, розташована паралельно бічним сторонам гребеня нарізки.

7	Смеситель	Патент на изобретение RU2626208C1 Сидоров Вячеслав Николаевич Цымбалюк Александр Дмитриевич	Смеситель, включающий соединенный с вакуумной системой цилиндрический корпус, загрузочный и выгрузочный патрубки, размещенный в корпусе вал с закрепленным на нем шнеком в виде эластичной полый оболочки, установленной с возможностью одновременного осевого и радиального расширения, оболочка связана с источником колебаний давления энергоносителя с помощью выполненных внутри вала продольного и радиального отверстий, и привод, отличающийся тем, что на наружной поверхности полого вала размещены продольные шлицы, внутри вала выполнены два независимые друг от друга продольные отверстия, эластичная полая оболочка смонтирована из двух камер, из полый винтовой камеры шнека и камеры, установленной на торце полого вала у выгрузочного патрубка, выступы полый камеры шнека изготовлены толщиной в два раза больше толщины ее боковых сторон, камера, установленная на торце вала, выполнена в виде полусферы, каждая камера соединена с помощью одного из продольных отверстий вала с источником колебаний давления энергоносителя, внутренняя поверхность выгрузочного патрубка изготовлена в виде полусферы.
8	Шнековый экструдер	Патент на изобретение RU2701837C1 Невзоров Виктор Николаевич Холопов Владимир Николаевич Безъязыков Денис Сергеевич Янова Марина Анатольевна	Шнековый экструдер, содержащий корпус с загрузочным патрубком и расположенный в корпусе шнек с механизмом вибрации, отличающийся тем, что на корпусе закреплена пластинчатая пружина, на которой установлен подшипниковый узел, связанный подшипниками со шнеком, при этом на подшипниковом узле закреплен редуктор-разветвитель с двумя симметрично расположенными дисбалансами, а ведущий вал редуктора-разветвителя через передачу с гибким элементом связан со вторым валом конического редуктора, при этом первый выходной вал передачей с гибким элементом связан со шнеком, а конический редуктор связан с мотором.
9	одношнековый экструдер для производства полимерных материалов с теплообменным устройством	Патент на корисну модель UA 112597 U Потапов Володимир Олексійович Білий Дмитро Володимирович	В основу корисної моделі поставлено задачу створення одношнекового екструдера для виробництва полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм, з покращеними енергозберігаючими характеристиками, шляхом удосконалення найближчого пристрою-прототипу, що забезпечує підвищення енергоефективності, а саме інтенсифікацію теплообмінних процесів, можливість максимального відбору, збереження та раціонального використання теплової енергії, оптимальну конструкцію для зручного використання і обслуговування, покращення якості переробки сировини.

10	Модернизация шнека	Описание изобретения к авторскому свидетельству SU1680525 A1 В.И.СивецкийС. О. Пристайлов, В.С.Рахманов. Д.Э.Сидоров и В. Л. Яичко	Шнек для переработки полимерных материалов, содержащий зоны питания сжатия и дозирования, в которых по гребню витка винтовой нарезки выполнена поменьшей мере одна канавка, отличающийся тем, что с целью повышения производительности шнека, канавка выполнена с переменным по ее длине объемом витков собственной полости.
11	Модернизация шнека	Описание изобретения к авторскому свидетельству SU1595667 A1	Шнек экструдера для переработки полимерных материалов содержащий зоны питания, сжатия и дозирования, последняя из которых выполнена с переменным по длине зоны объемом витков винтового канала, отличающийся тем, что с целью повышения производительности экструдера за счет уменьшения обратного потока расплава, в зоне дозирования по гребню винтовой нарезки выполнена по меньшей мере одна винтовая канавка, расположенная параллельно боковым сторонам гребня нарезки
12	Extrusion apparatus	Патент U.S.Patent 4,125,333 Reuben T. Fields	З метою вдосконалення конструкції екструдера використано рішення [3]. В даному конструктивному рішенні метою є підвищення зчеплення внутрішньої поверхні циліндра з полімером без внесення змін до інших аспектів екструдера, такі як здатність екструдера розвивати високий тиск, необхідного для проштовхування пластика через формуючу матрицю. Спіральні канавки, вирізані у внутрішній поверхні циліндра, не знижують здатність екструдера для створення високих тисків і отримання більш стабільної швидкості подачі в екструдер (див. рис.1), що 1 пази, вирізані на внутрішній поверхні з утворенням спіралей, виконані так само, що і гвинт, 2 спіральної канавки є, зокрема, різьбленням гвинта, і 3 ширина канавки або канавок не перевищує ширину поверхні гвинтової різьби. Виявилося, що дрібна канавка в формі півмісяця дозволяє нам отримати самоочищення і в той же час забезпечує адекватне

Додаток 2

Лістинг програм розрахунку на ЕОМ

!Модуль змінних для загального використання різними програмними одиницями
Module MOD1

Real(4) :: DD,d,t,e,an,Ro,Fi,AlfaDD,Alfad,Beta

! DD - зовнішній діаметр,

! d - внутрішній діаметр,

! t - крок,

! e - ширина гребня,

! an - частота обертання,

! Ro - насипна маса,

! Fi - коефіцієнт заповнення,

! AlfaDD - кут по зовнішньому діаметру,

! Alfad - кут по внутрішньому діаметру,

! Beta - кут руху

End Module MOD1

Program Prog !Розрахунок продуктивності зони завантаження

Use MOD1 !Доступ до змінних

DD=0.063 !- зовнішній діаметр, м

d=0.046 !- внутрішній діаметр, м

t=0.063 !- крок, м

e=0.0063 !- ширина гребня, м

Ro=820. !- насипна маса, кг/м³

Fi=0.9 !- коефіцієнт заповнення,

AlfaDD=19. ! - кут по зовнішньому діаметру, град.

Alfad=23. ! - кут по внутрішньому діаметру, град.

Beta=67. ! - кут руху, град.

Open(1, File='OUT.txt') !Файл результатів

aK1=0.3 ! - співвідношення коефіцієнтів тертя: гладкий корпус

aK2=0.2 ! - співвідношення коефіцієнтів тертя: неглибока полога канавка

aK3=0.1 ! - співвідношення коефіцієнтів тертя: Глибока прямокутна канавка - не
тертя а механічне зчеплення

Write(*,*) ' aK1=',aK1,' aK2=',aK2,' aK3=',aK3 !На екран

Write(1,*) ' aK1=',aK1,' aK2=',aK2,' aK3=',aK3 !В файл OUT.txt

Write(*,*) !На екран - пустий рядок

Write(1,*) !В файл OUT.txt - пустий рядок

!Циклічні обчислення

! Шапка вивода

Write(*,*) ' an G(aK1) G(aK2) G(aK3)' !На екран

```

Write(1,*) ' an      G' !В файл OUT.txt
Do an=0., 180., 10. ! від 0 до 180 об./хв. с кроком 10 об./хв.
!G1=G(aK1); G2=G(aK2); G3=G(aK)
Write(*,*) an, G(aK1), G(aK2), G(aK3) !На екран
Write(1,*) an, G(aK1), G(aK2), G(aK3) !В файл OUT.txt

```

```
EndDo
```

```
Stop
```

```
End Program Prog ! Закінчено
```

```
!
```

```
Function Rad(Gradus) ! Градуси в радіани
```

```
Rad=Gradus/180*3.14 ! Один градус = 0,0175 рад.
```

```
End Function Rad
```

```
!
```

```
Function G(aK) ! Продуктивність - формула м^3/год
```

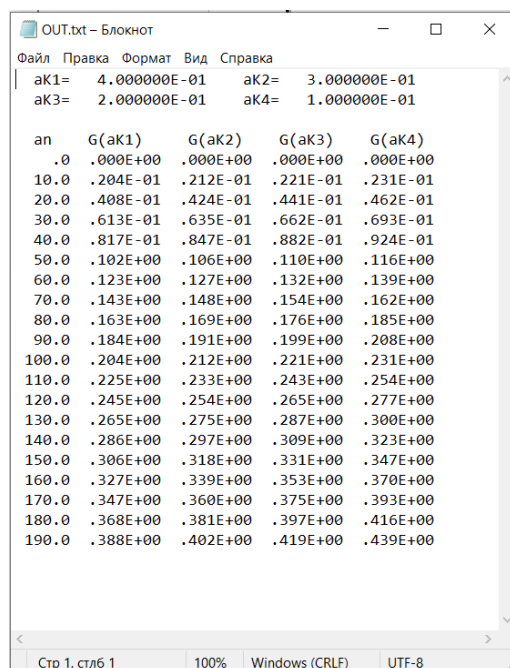
```
Use MOD1 !Доступ до змінних
```

```
G=3.14*(DD**2-d**2)*(t-e)*60*an*Ro*Fi/8.E3*&
```

```
(cos(Rad(AlfaDD))* cos(Rad(alfaDD+90-Beta)))/(1+t/3.14/DD)/cos(Rad(90-Beta))+&
cos(Rad(Alfad+90-Beta))/(1+aK)/cos(Rad(90-Beta)))
```

```
End Function G
```

```
!
```



an	G(aK1)	G(aK2)	G(aK3)	G(aK4)
0.0	.000E+00	.000E+00	.000E+00	.000E+00
10.0	.204E-01	.212E-01	.221E-01	.231E-01
20.0	.408E-01	.424E-01	.441E-01	.462E-01
30.0	.613E-01	.635E-01	.662E-01	.693E-01
40.0	.817E-01	.847E-01	.882E-01	.924E-01
50.0	.102E+00	.106E+00	.110E+00	.116E+00
60.0	.123E+00	.127E+00	.132E+00	.139E+00
70.0	.143E+00	.148E+00	.154E+00	.162E+00
80.0	.163E+00	.169E+00	.176E+00	.185E+00
90.0	.184E+00	.191E+00	.199E+00	.208E+00
100.0	.204E+00	.212E+00	.221E+00	.231E+00
110.0	.225E+00	.233E+00	.243E+00	.254E+00
120.0	.245E+00	.254E+00	.265E+00	.277E+00
130.0	.265E+00	.275E+00	.287E+00	.300E+00
140.0	.286E+00	.297E+00	.309E+00	.323E+00
150.0	.306E+00	.318E+00	.331E+00	.347E+00
160.0	.327E+00	.339E+00	.353E+00	.370E+00
170.0	.347E+00	.360E+00	.375E+00	.393E+00
180.0	.368E+00	.381E+00	.397E+00	.416E+00
190.0	.388E+00	.402E+00	.419E+00	.439E+00

Додаток 3

Модернізація черв'ячного екструдера для переробки полімерних матеріалів

Кумар Д., студент, Сівецький В.І., к.т.н., професор
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано вдосконалення черв'ячного екструдера, що забезпечить надійність та простоту конструкції, а саме а також підвищення продуктивності.

У [1, 2] нижче наведено стандартні конструкції екструдерів для переробки полімерних матеріалів. Одним із недоліків базової конструкції екструдера [1] являється неспроможна напірна спроможність при невеликих співвідношеннях довжини шнека до його діаметру.

З метою вдосконалення конструкції екструдера використаємо рішення [3]. В даному конструктивному рішенні метою є підвищення зчеплення внутрішньої поверхні циліндра з полімером без внесення змін до інших аспектів екструдера, такі як здатність екструдера розвивати високий тиск, необхідного для проштовхування пластика через формуючу матрицю. Спіральні канавки, вирізані у внутрішній поверхні циліндра, не знижують здатність екструдера для створення високих тисків і отримання більш стабільної швидкості подачі в екструдер (див. рис.1), що і пази, вирізані на внутрішній поверхні з утворенням спіралей, виконані так само, що і гвинт, 2 спіральної канавки є, зокрема, різьбленням гвинта, і 3 ширина канавки або канавок не перевищує ширину поверхні гвинтової різьби. Виявилось, що дрібна канавка в формі півмісяця дозволяє нам отримати самоочищення і в той же час забезпечує адекватне захоплююче дію на оброблюваний полімерний матеріал.

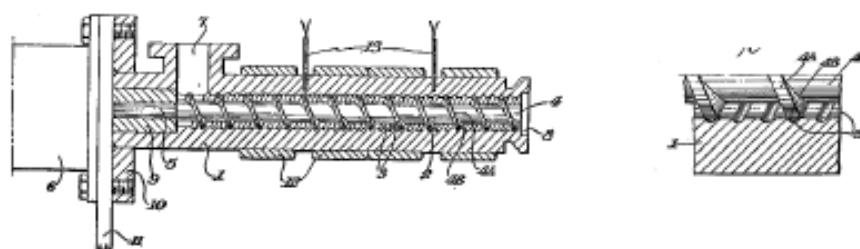


Рис. 1 Вигляд поперечного перерізу шнекового екструдера та збільшений вигляд канавки

Як можна бачити на кресленні, пристрій містить циліндр або корпус 1, що має отвір 2 з внутрішнім різьбленням 3 і забезпечений гвинтом 4 для щільної посадки. Гвинт 4 показаний з правої навіскою різьби або прольотом 4А з базою 4В і вбудованим приводним валом 5, який з'єднаний із зовнішнім джерелом обертальної сили 6. Ширина плоскої ділянки на різьбі, прилеглої до стовбура землі. Циліндр 1 має отвір 7 для отвори для подачі та вихідний кінець 8, до якого може бути прикріплена екструзионна матриця (не показана). Циліндр 1 може мати втулку 9 для підтримки вала 5, фланець 10 для установки циліндра екструдера на відповідну опору 11 і джерело 6 живлення.

Виконання канавок черв'ячного екструдера з різьбовою навіскою на корпусі дозволяє значно підвищити тиск та стабілізувати продуктивність на виході черв'ячного агрегата для полімерів які мають високу в'язкість розплаву, а також дозволить даному пристрою працювати при достатньо високих температурах.

Література

1. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. — М. : Химия, 1986. — 488 с.
2. Л. Б. Радченко, В. І. Сівецький Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів: навчальний посібник –Київ «Політехніка», 2002–149 с.
3. EXTRUSION APPARATUS: U.S. Patent 4,125,333, MPK B29B 1/06; B01F 7/08 /, Apr. 12, 1974

Одношнековый экструдер для производства полимерных материалов с теплообменным устройством

Кумар Д., студент, Сівецький В.І., к.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропонована модернізація в корпусі матеріального циліндра під теплоізоляційним кожухом шляхом встановлення теплообмінного пристрою.

Черв'ячний екструдер – найбільш розповсюджений в промисловому виробництві та переробці полімерних матеріалів. Як видно з базової конструкції [1], нагрівачі розповсюджені вздовж корпусу, що обогріває секцію черв'яка.

Для покращення енергозберігаючих характеристик, раціонального використання теплової енергії та покращення якості перероби сировини використали використали модернізацію [2], яка полягає у тому, що в матеріальному циліндрі під теплоізоляційним кожухом розміщується теплообмінний пристрій, що дає можливість максимального відведення та підведення теплоти до завантажувального бункера, внаслідок чого збільшується до 110 °С та підтримується необхідна температура підігріву повітря для підсушування сировини, виконаний у вигляді спіральної трубки для відбору теплоти, яка кріпиться ззовні до корпусу циліндра, та вбудовується в трубопровід, який з'єднується з завантажувальним бункером.

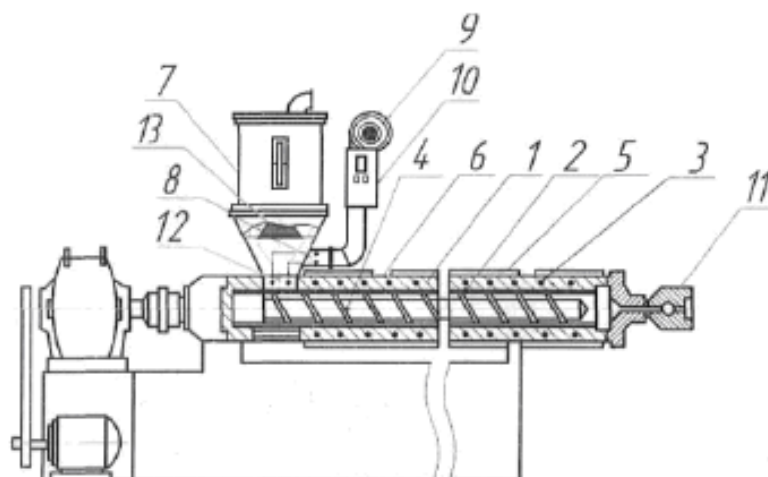


Рис. 1. Одношнековый экструдер для производства полимерных материалов с теплообменным устройством

Экструдер складється з матеріального циліндра 1, робочої камери 2, теплообмінного пристрою 3, шнека 4, електронагрівачів 5, теплоізоляційного кожуху 6, завантажувального бункера 7, трубопроводу 8, вентилятора 9, системи контролю регулювання 10, формуючої головки 11, завантажувального отвору 12, сітки-екрана 13.

Основні покращення що дозволяє дане рішення це зменшення часу на сушіння за рахунок збільшення температури підігріву повітря, покращення якості виробів за рахунок і надійності терморегулювання процесу виробництва, підвищення механічних властивостей готового продукту за рахунок якісного змішування розплаву в процесі теплообміну.

Література

1. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. — М. : Химия, 1986. — 117с.
2. Пат. України №112597U, МПК B29B 7/82 (2006.01), B29C 47/00 (2006.01), опубл. 26.12.2016

Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів

Кумар Д., студент, Сівецький В.І., к.т.н., професор

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано конструктивне рішення по оформленню шнека, яке б дозволило підвищити продуктивність екструдера за рахунок зменшення зворотного потоку розплаву

Для того щоб отримати якісну продукцію із полімерного матеріалу, треба звернути увагу на якість розплаву який виходить з циліндра та потужності яка витрачається на обертання черв'яка. Ці параметри залежать від фізичної взаємодії матеріалу та поверхонь, які задіяні у процесі гомогенізації. Зазвичай шнек ділять на три зони: на початку де твердий матеріал – зона живлення, після неї матеріал нагрівають – зона плавлення або пластикації і отримана суміш подається у зону дозування.

У процесі транспортування матеріалу [1] у зоні дозування проходить наступне нагрівання суміші, що проходить як від стінки циліндра так і самого матеріалу. Основним недоліком цієї системи є те, що продуктивність поступово зменшується із-за можливого зворотного потоку розплаву. З розглянутих варіантів [2-4] модернізації шнека найбільш вигідна та економічно вигідна це [2]. Щоб підвищити продуктивність екструдера було вирішено додати у шнек екструдера, по її гребню гвинтової навіски, хоча б одну гвинтову канавку яка буде розташована паралельно бічним сторонам гребня нарізки.

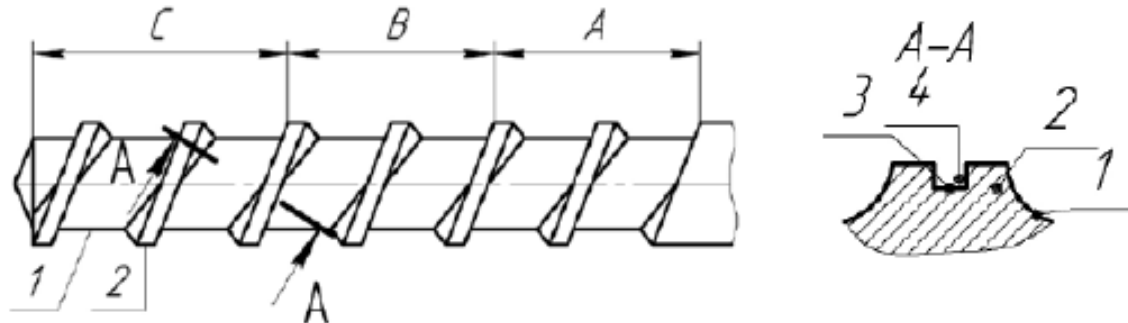


Рис. 1 Загальний вигляд шнека та розріз А-А з додатковою канавкою

Шнек (див. рис.1) має зону живлення А, зону стиснення В та зону дозування С у якій по довжині зони змінний об'єм витків гвинтового каналу. По гребню 2 гвинтової нарізки в зоні дозування С виконана одна гвинтова канавка 3. Гвинтові канавки 3 можуть бути виконані по гребню гвинтової нарізки шнека додатково в інших його зонах, наприклад, в зонах живлення А, стиснення В, тобто по всій довжині шнека. Канавки 3 утворюють спіральні порожнини 4.

Даний варіант модернізації виділяється тим, що гвинтові канавки збільшують гідравлічний опір і нагнітають надлишковий тиск у їх порожнинах на гребнях витків шнека зменшується величина зворотного потоку розплаву. Це, насамперед, дає можливість збільшити продуктивність шнекового екструдера та збільшити термін міжремонтних робіт

Література

1. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. — М. : Химия, 1986. — 137с.
2. Пат. України №120674 U, МПК B29B 7/32 (2006.01), опубл. 10.11.2017
3. Пат. України №3799 U, МПК B29C 47/00 (2006.01), опубл. 15.12.2004
4. Пат. Росії №SU1680525 A1, МПК B29B 7/42 опубл. 30.09.1991

Специфікації

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Документація по 3 розділу технологічного машинобудування

[illegible]

[illegible]

[illegible]

